

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний технічний університет
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

І. М. Пижов

РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ НА ПРИКЛАДІ
ВИГОТОВЛЕННЯ СТУПІНЧАСТОГО ВАЛА РЕДУКТОРА

Навчально-методичний посібник



Харків 2018

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний технічний університет
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

І. М. Пижов

РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ НА ПРИКЛАДІ
ВИГОТОВЛЕННЯ СТУПІНЧАСТОГО ВАЛА РЕДУКТОРА

Навчально-методичний посібник

для студентів
спеціальності «Прикладна механіка» (спеціалізація «Інтегровані технології
машинобудування») денної, заочної та дистанційної форм навчання

Затверджено
редакційно-видавничою радою
університету, протокол № 1
від 30.01.2018 р

Харків
НТУ «ХПІ»
2018

УДК 621.002
ПЗ2

Рецензенти:

Ф.В. Новіков, д-р техн. наук, професор Харківського національного технічного університету імені Семена Кузнеця

В.О. Федорович, д-р техн. наук, проф. Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут»

Пижов І.М.

ПЗ2 Розробка технологічного процесу на прикладі виготовлення ступінчастого вала редуктора: Навчально-методичний посібник для виконання конструкторсько-технологічних розділів дипломного проекту бакалавра студентами спеціальності «Прикладна механіка» (спеціалізація «Інтегровані технології машинобудування») денної, заочної та дистанційної форм навчання / І.М. Піжов. – Х.: НТУ «ХПІ», 2018. – 91 с.

JSBN

У посібнику детально розглянуто зміст конструкторсько - технологічних розділів дипломного проекту бакалавра зі спеціальності «Прикладна механіка» (спеціалізація «Інтегровані технології машинобудування»).

Посібник складено на конкретному прикладі виконання розділів проекту з попереднім коротким розглядом теоретичних та практичних аспектів за конкретною тематикою. Наведено приклади виконання графічної частини проекту та технологічного процесу виготовлення ступінчастого вала.

Призначено для студентів спеціальності «Прикладна механіка» (спеціалізація «Інтегровані технології машинобудування») денної, заочної та дистанційної форм навчання.

Іл. 21. Табл. 17. Бібліогр.: 53 найм.

УДК 621.002

© Піжов І.М., 2018

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА.....	5
1. ПІДГОТОВКА ДАНИХ ДЛЯ РОЗРОБКИ ПЛАНУ	
ВИГОТОВЛЕННЯ СТУПІНЧАСТОГО ВАЛА.....	6
1.1. Призначення машини, вузла, деталі.....	6
1.2. Розрахунок маси деталі.....	7
1.3. Хімічний склад та фізичні характеристики матеріалу деталі.....	7
1.4. Визначення типу виробництва.....	8
1.5. Вихідні геометричні параметри деталі.....	8
1.6. Відпрацювання конструкції вала на технологічність.....	9
1.7. Побудова та розрахунок технологічних розмірних ланцюгів.....	17
1.8. Розрахунок необхідного числа обробок поверхонь.....	29
1.9. Особливості вибору та обґрунтування методів обробки.....	31
2. ПІДГОТОВКА ДАНИХ ДЛЯ РОЗРОБКИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО	
ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ СТУПІНЧАСТОГО ВАЛА	37
2.1. Вибір та обґрунтування способу отримання заготовки.....	37
2.2. Проектування робочого креслення заготовки.....	40
2.3. Проектування карт технологічних наладок.....	40
2.4. Вибір та обґрунтування схем базування.....	42
2.5 Вибір та обґрунтування засобів вимірювання.....	46
2.6. Розрахунок і призначення режимів різання.....	47
2.7. Нормування технологічних операцій.....	51
2.8. Уточнення типу виробництва.....	52
2.9. Опис і обґрунтування планування ділянки.....	53
3. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА.....	59
3.1. Розрахунок і проектування спеціального верстатного	
пристосування.....	59
3.2. Силовий розрахунок пристосування.....	62
3.3. Розрахунок пристосування на точність.....	65
3.4. Розрахунок найбільш небезпечних елементів	
пристосування на міцність.....	67
Висновки.....	70
Список літератури.....	71
Додатки.....	77

Додаток А. Креслення деталі.....	77
Додаток Б. Креслення заготовки.....	78
Додаток В. Карта технологічної наладки.....	79
Додаток Г. Пристосування фрезерне.....	80
Додаток Д. Специфікація до фрезерного пристосування.....	81
Додаток Е. План механічної ділянки.....	82
Додаток Ж. Титульний лист технологічного процесу виготовлення ступінчастого вала.....	83
Додаток К. Маршрутний технологічний процес виготовлення ступінчастого вала.....	84
Додаток Л. Приклад оформлення операційної карти та карти ескізів.....	87
Додаток М. Приклад оформлення контрольної карти.....	89

ПЕРЕДМОВА

Однією з важливих форм самостійної роботи студентів старших курсів (спеціальність «Прикладна механіка», спеціалізація «Інтегровані технології машинобудування») є бакалаврський проект з технології машинобудування. Він є завершальним в системі підготовки фахівців у даному напрямку. Дипломне проектування дозволяє проявити, закріпити, поглибити та узагальнити знання, які були отримані студентами під час вивчення низки загальнотеоретичних, загальнотехнічних і спеціальних дисциплін. При курсовому проектуванні студент має змогу розвивати ініціативи у вирішенні технічних завдань, а також детально і творчо аналізувати існуючі технологічні процеси. Прийняття рішень по вибору варіантів технологічних процесів, обладнання, оснащення, методів отримання заготовок проводиться на підставі техніко-економічних розрахунків. У навчальному посібнику використовується методика один з можливих підходів до розробки типового технологічного процесу на прикладі виготовлення ступінчастого вала редуктора (аналіз креслення деталі, визначення типу виробництва, відпрацювання конструкції виробу на технологічність, побудова та розрахунок технологічних розмірних ланцюгів, розрахунок необхідної кількості обробок поверхонь, особливості вибору та обґрунтування методів обробки, розробка плану обробки ступінчастого вала на основі використання типового техпроцесу тощо). Розділи «Програмування верстата з ЧПУ» [33], економічний розділ та «Охорона праці і навколишнього середовища» в даному посібнику не розглядаються.

У додатках надаються конкретні приклади оформлення техпроцесу та графічної частини проекту. Фото на обкладинці взяті з [21]. При написанні даного посібника були використані дані з бакалаврських дипломних проектів, які були виконані у попередній період під керівництвом професора Раб О. Х.

1. ПІДГОТОВКА ДАНИХ ДЛЯ РОЗРОБКИ ПЛАНУ ВИГОТОВЛЕННЯ СТУПІНЧАСТОГО ВАЛА

1.1. Призначення машини, вузла, деталі

У даному проекті розробляється технологічний процес (на базі типового технологічного процесу) виготовлення деталі «Вал ступінчастий», який згідно з ОК 021-95 належить до класу тіл обертання. Вал – деталь машин, яка призначена для підтримки деталей, які розташовані на ньому, та передачі крутного моменту. На валах встановлюють зубчасті колеса, шків, зірочки та інші деталі машин, що обертаються, [16], [17]. При роботі вал відчуває деформації кручення і вигину, іноді – розтягування-стиснення.

Вал, що розглядається, є складовою частиною двоступінчастого циліндричного редуктора, призначеного для передачі крутного моменту на стрічковий конвеєр [16], [23], [25]. Вал ступінчастий є однією з найбільш важливих деталей редуктора. Частота його обертання становить 50 об/хв. Вал працює в основному на кручення і згинання. Матеріал – сталь 40Х. Твердість матеріалу не більше 260 – 285 НВ. 3D-модель вала наведена на рисунку 1.1.

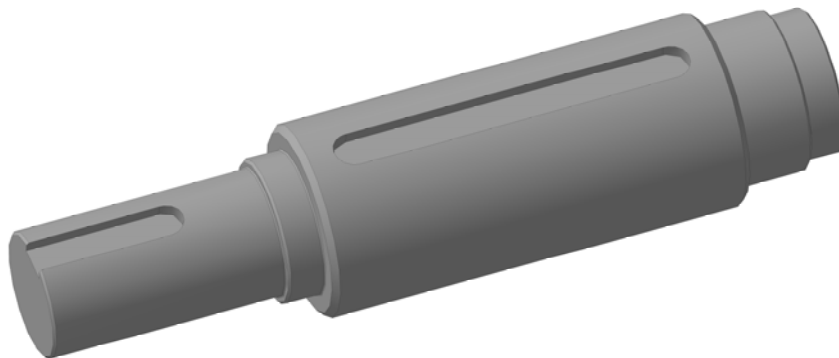


Рисунок 1.1 – 3D-модель вала

Високу надійність роботи даного вала можна забезпечити шляхом відповідного виконання його креслення та дотримання усіх його вимог при виготовленні деталі [18], [23], [25]. Від точності виготовлення вала та інших деталей залежить точність складання редуктора в цілому.

1.2. Розрахунок маси деталі

Масу деталі можна розрахувати шляхом розбиття конструкції на елементарні геометричні елементи (циліндричні поверхні однакового діаметра, шпонкові пази, канавки, фаски тощо) за формулою

$$m_d = \rho \sum_{i=1}^m \frac{\pi \cdot d_i^2}{4} \cdot l_i - m_{\text{вид}},$$

де ρ – щільність матеріалу; d_i – діаметр i -го елемента вала, дм; l_i – довжина i -го елемента вала, дм; $m_{\text{вид}}$ – маса видаленого матеріалу деталі (шпонкові пази, канавки, фаски тощо).

Знаходимо масу деталі ($\rho = 7,8$ кг/дм³):

$$m_d = \pi \cdot 7,8 \cdot \left(\frac{9^2}{4} \cdot 2,3 \cdot 2 + \frac{12^2}{4} \cdot 26,5 + \frac{10^2}{4} \cdot 4,2 + \frac{8^2}{4} \cdot 14,7 \right) - 7,8 \cdot (73,1 \cdot 0,9 + 44,5) = 33,2 \text{ кг}.$$

Тут загальна площа шпонкових пазів становить 73,1 см², а об'єм фасок 44,5 мм³. Рекомендується зробити перевірку правильності розрахунків з застосуванням можливостей графічних редакторів (наприклад КОМПАС, AutoCAD тощо).

1.3. Хімічний склад та фізичні характеристики матеріалу деталі

Область застосування сталі 40Х дуже широка. Традиційно її використовують як матеріал для виготовлення деталей машин, які в роботі часто відчують ударні навантаження. Це можуть бути різні вали і осі, штоки, плунжери, вал-шестерні, болти тощо.

Сталь термічно оброблена за ГОСТ 4543-71 (у редакції 1990 р.). Механічні властивості сталі 40Х наведені в табл. 1.1, а її хімічний склад у табл. 1.2. [2].

Таблиця 1.1 – Механічні властивості сталі 40Х

σ_b , МПа	σ_T , МПа	δ , %	ψ , %	a_k , кгс·м/см ²	Твердість, НВ
980	785	10	45	6	200-217

Таблиця 1.2 – Хімічний склад сталі 40Х, %

<i>C</i>	<i>Si</i>	<i>Mn</i>	<i>Cr</i>
0,36 – 0,44	0,17 – 0,37	0,50 – 0,80	0,8 – 1,10

1.4. Визначення типу виробництва

Технологічний процес виготовлення деталі розробляється з урахуванням типу виробництва. Тип виробництва – класифікаційна характеристика виробництва, в основі якої знаходяться широта номенклатури, стабільність, регулярність та обсяг виробництва. Він може бути визначений декількома способами. Основною характеристикою типу виробництва є коефіцієнт закріплення операцій (ГОСТ 3.1121-84). Але для його використання не завжди потрібні вихідні дані. Тому на початкових стадіях проектування (коли для розрахункових методів недостатньо вихідних даних) тип виробництва можна визначити укрупнено за даними таблиці 1.3 залежно від кількості та ваги виробів. Отримані результати при цьому надалі підлягають уточненню.

Таблиця 1.3 – До визначення типу виробництва [20]

Тип виробництва	Число оброблюваних деталей одного типорозміру в рік, шт.		
	важких (понад 100 кг)	середніх (10–100 кг)	дрібних (до 10 кг)
Одиничне	до 5	до 10	до 100
Дрібносерійне	5 – 100	10 – 200	100 – 500
Середньoserійне	100 – 300	200 – 500	500 – 5000
Великосерійне	300 – 1000	500 – 5000	5000-50000
Масове	понад 1000	понад 5000	понад 50000

Використовуючи дані таблиці 1.3, для заданої програми випуску виробів (21000 штук на рік) при масі деталі 33,2 кг попередньо маємо, що це великосерійне виробництво.

1.5. Вихідні геометричні параметри деталі

Правильно оформлене креслення деталі повинно мати всі необхідні елементи (перетини, розрізи, види тощо) достатні для правильного

уявлення конструкції деталі, необхідні розміри, вичерпну інформацію про розмірну точність, відхилення форми та взаємного розташування поверхонь, про марку матеріалу, про шорсткість поверхонь, дані про термообробку, нанесення покриття тощо.

Креслення деталі, що розглядається, з урахуванням вимог, які викладені вище, наведено на рис. 1.2. Для зручності подальшої роботи з кресленням його основні поверхні пронумеровані.

Розрахунки показників точності найважливіших поверхонь вала, а також розшифровку їх призначення та обґрунтування робимо згідно з рекомендаціями [18] та існуючими стандартами (ГОСТ 3325-85, ГОСТ 23360-78 тощо) і наводимо в таблиці 1.4.

1.6. Відпрацювання конструкції вала на технологічність

Розробці технологічних процесів виготовлення машин повинно передувати вивчення її службового призначення і аналіз відповідності технічних вимог і норм точності всіх складових частин машини: складальних одиниць різного рівня, деталей і виконавчих поверхонь [4], [18], [20], [29], [40].

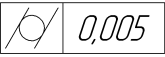

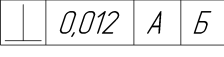

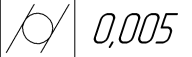
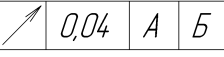
Розрізняють якісну та кількісну оцінки технологічності конструкції виробу (ТКВ). Якісна зрівнювальна оцінка варіантів конструкції передусє кількісній і допустима на всіх стадіях проектування, коли здійснюється вибір кращого конструктивного рішення та не вимагається визначення ступеня відмінності технологічності зрівнювальних варіантів.

Відпрацювання конструкції виробу на технологічність здійснюється комплексно: на рівні деталей, складальних одиниць і виробу в цілому.


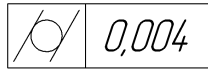
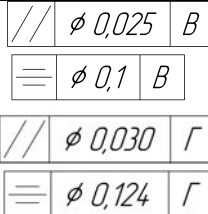
Початкові дані для аналізу ТКВ: робоче креслення деталі; спосіб обробки; тип виробництва. Починається аналіз з вивчення робочого креслення.

Вимоги до форми деталі. Вимоги до конструктивних форм деталі багато в чому визначаються можливостями технологічного устаткування та конкретними вимогами виробництва (типом виробництва, наявністю верстатів з ЧПК та ін.). Основними критеріями технологічності деталей, що піддається механічній обробці, є трудомісткість, точність, стабільність отримання геометричних розмірів і шорсткості поверхні.

Таблиця 1.4 – Розрахункові показники точності вала згідно [18]

№ поз.	Розрахункова формула	Умовне позначення	Призначення показника
2, 8	Допуск циліндричності цапф: $T_{\varphi} = 0,3 \cdot Td_{\varphi n}$		Збереження правильної геометрії доріжок кочення кілець підшипників
	Допуск співвісності цапф: за IT3		Обмеження перекосу кілець підшипника відносно загальної вісі посадкових поверхонь вала
3, 7	Допуск перпендикулярності торців заплечиків вала: по IT5		Збереження правильної геометрії доріжок кочення внутрішніх кілець підшипників та зменшення їх перекосу
6	Допуск співвісності поверхні під шестерню (ступінь точності 7, 8): по IT4		Забезпечення кінематичної точності передачі
6	Допуск циліндричності цапф: $T_{\varphi} = 0,3 \cdot Td_{\varphi n}$		Обмеження концентрації контактного тиску на посадковій поверхні
10	Допуск радіального биття поверхні під манжету $T_{p.} = f(n)$		Обмеження амплітуди коливань робочої поверхні кромки манжети, яке обумовлює втомлююче руйнування гуми

Продовження табл. 1.4

№ поз.	Розрахункова формула	Умовне позначення	Призначення показника
11	Допуск співвісності поверхонь для муфт, шківів тощо: $T_{сп.} = f(n)$		Обмеження можливого дисбалансу як поверхні самого вала, так і деталей, розташованих на ньому.
11	Допуск циліндричності поверхонь для муфт, шківів, тощо: $T_{ц.} = 0,4 \cdot T_{d_{цп}}$		Обмеження концентрації контактного тиску на посадковій поверхні
13, 14	Допуски паралельності та симетричності $T_{//} = 0,5 \cdot T_{\sigma}$ $T_{сим.} = 2,0 \cdot T_{\sigma}$		Забезпечення рівномірного контакту робочих поверхонь шпонок та пазів вала
10	Шорсткість поверхні під манжету Загартування поверхні під манжету	$Ra = 0,08$ мкм. HRC 40...45	Підвищення довговічності роботи пари «манжета – вал»
2, 3, 7, 8	Дані про підшипники кочення	Роликові конічні однорядні 2007918А ГОСТ 27365-87, кл. точності «б»	Сприймають значне осьове навантаження на вал
	Вид навантаження кілець підшипника	Внутрішнє – циркуляційне, зовнішнє – місцеве. Посадка внутрішнього кільця на цапфу: L6/k6	Підвищення довговічності підшипника кочення
	Шорсткість посадкових поверхонь цапф (2 та 8) вала	Ra=1,25 мкм згідно з ГОСТ 3325-85	
	Шорсткість торців заплечиків (3 та 7) вала	Ra=2,5 мкм згідно з ГОСТ 3325-85	

Трудомісткість механічної обробки тим вища, чим більше число поверхонь піддають обробці, чим складніше ці поверхні за формою, чим

більша їх протяжність і чим вищі вимоги щодо точності і шорсткості. Тому при конструюванні деталей необхідно мати на увазі таке:

1. У конструкції деталі слід передбачати можливо більшу кількість необроблених поверхонь, а поверхні, що вимагають обробки, повинні мати мінімально допустимі розміри і припуски.

2. Найбільш продуктивно і точно можуть бути оброблені поверхні, які оброблюються при використанні відносно простих рухів інструмента і заготовки, наприклад, прямолінійному, поступальному і обертальному русі (обробка площин, циліндричних, конічних і гвинтових поверхонь тощо).

Основними показниками якості валів та осей являються точність їх геометричних форм у поперечному та подовжньому перерізах. Відповідальні деталі за необхідності проходять балансування. Осі завжди прямі, вали можуть бути також колінчатими.

Основною конструктивною і технологічною базою валів являє їх геометрична вісь. Виходячи з експлуатаційного призначення деталей класу, що розглядається, визначаються основні вимоги до них: прямолінійність геометричної осі, концентричність зовнішніх (внутрішніх) поверхонь відносно геометричної осі, точне розташування шпонкових пазів, шліців, різьб, як відносно осі, так і в поперечному перерізі.

При проектуванні деталей цього класу потрібно враховувати такі особливості.

1. Точні вали і осі доцільно обробляти в центрах, причому центрові отвори бажано залишати в готовій деталі на випадок перешліфовки при ремонті, а також для спрощення контролю і т.д. Розміри центрових отворів і області їх застосування регламентуються ГОСТ 14034-74.

2. Ступінчасті вали і осі повинні мати невеликі перепади діаметрів, ступені бажано передбачати однаковими або кратними за довжиною. Перепади діаметрів по можливості повинні бути однакові. Це дозволяє вести їх обробку на багаторізцевих та гідрокопіювальних напівавтоматах.

3. Ступінчасті поверхні повинні розміщатись по можливості таким чином, щоб їх діаметри від одного кінця вала до іншого або зростали, або зменшувалися, інакше ускладнюється його обробка.

4. При конструюванні валів та осей зі шпонковими пазами слід віддавати перевагу пазам, які можуть бути утвореними дисковою (а не пальцевою) фрезою, це підвищує продуктивність обробки.

Кількісна оцінка технологічності. Вона вимагає наявності спеціальної системи показників, методів їх розрахунку і рекомендованої області застосування [4], [40].

У дипломному проекті унаслідок відсутності усього комплексу необхідних даних для кількісної оцінки технологічності конструкції вала рекомендується використання таких основних і допоміжних показників.

1. Абсолютний техніко-економічний показник – трудомісткість виготовлення деталі T_v , хв. Рівень ТКВ за трудомісткістю визначають за формулою:

$$K_{y.t} = T_v / T_{б.в},$$

де $T_{б.в}$ – трудомісткість базового виробу (на базовому виробництві).

Деталь технологічна при $K_{y.t} < 1$.

2. Технологічна собівартість деталі C_t , грн. Рівень ТКВ при цьому визначають за формулою:

$$K_{y.c} = C_t / C_{б.т},$$

де $C_{б.т}$ – технологічна собівартість базового виробу (на базовому виробництві).

Деталь технологічна при $K_{y.c} < 1$.

Для розрахунків показників $K_{y.t}$ та $K_{y.c}$ можна скористатися даними розрахунків штучного часу (дивись підрозділ щодо нормуванню технологічних операцій) та технологічної собівартості (дивись економічну частину) для базового варіанта технологічного процесу та варіанта, що проектується.

3. Коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів деталі. Його визначають за формулою

$$K_{y.e} = Q_{y.e} / Q_e,$$

де $Q_{y.e}$ – кількість уніфікованих елементів деталі (різьби, фаски, отвори, шпонки і т.д.); Q_e – загальна кількість елементів деталі.

Таким чином, при розрахунку $K_{y.e}$ за робочим кресленням деталі установлюють усі уніфіковані типорозміри (ряди нормальних лінійних розмірів за ГОСТ 6636-69, різьб, зубців, шліців, фасок, конусів і т.д.) і їх кількість ділять на загальну кількість розмірів, проставлених на кресленні.

Деталь технологічна при $K_{y.e} > 0,75$.

4. Коефіцієнт використання матеріалу визначають за формулою:

$$K_{в.м} = m_d / m_z,$$

де m_d, m_z – відповідно маса деталі і заготовки.

Деталь технологічна при $K_{в.м} > 0,7$.

5. Коефіцієнт точності.

$$K_{т.ч} = 1 - (1 / IT_{cp}),$$

де IT_{cp} – середній квалітет, визначений за формулою

$$IT_{cp} = (IT_{01} \cdot n_1 + IT_{0} \cdot n_2 + IT_{1} \cdot n_3 + \dots + IT_{17} \cdot n_{19}) / \sum_{i=1}^{19} n_i,$$

де $\sum_{i=1}^{19} n_i$ – число поверхонь деталі, що розглядається.

Деталь технологічна, якщо $K_{т.ч} > 0,8$.

6. Коефіцієнт шорсткості поверхні визначають за формулою

$$K_{ш} = 1 / Ra_{cp},$$

де Ra_{cp} – середня шорсткість поверхні (за критерієм Ra).

$$Ra_{cp} = (Ra_1 \cdot n_1 + Ra_2 \cdot n_2 + \dots + Ra_{14} \cdot n_{14}) / \sum_{i=1}^{14} n_i,$$

де $\sum_{i=1}^{14} n_i$ – число поверхонь деталі що розглядається.

Деталь технологічна, якщо $K_{ш} < 0,32$.

7. Коефіцієнт оброблюваності матеріалу різанням.

Єдиної універсальної характеристики оброблюваності немає. Матеріал, який добре оброблюється з точки зору рівня швидкості різання, може не забезпечувати потрібної шорсткості або зумовлює великі значення складових сили різання і т.д.

Для спрощення вирішимо це питання, наприклад, шляхом використання поправочного коефіцієнта на швидкість різання K_{MV} [52] у порівнянні з його значення для сталі 45 ($K_{MV\bar{0}}$, базовий варіант).

Тобто маємо, що

$$K_{omp} = K_{MV} / K_{MV\bar{0}},$$

Оскільки для сталі 45 $K_{MV\bar{0}}=1$ можна записати, що $K_{omp} = K_{MV}$. У свою чергу [52]

$$K_{MV} = K_{\Gamma} \cdot \left(\frac{750}{\sigma_s}\right)^{n_v}$$

де K_{Γ} – коефіцієнт, який характеризує групу сталі за оброблюваністю різанням; n_v показник ступеню.

Деталь технологічна при $K_{MV} \geq 1$.

Результати розрахунку кількісних показників технологічності зводимо до табл. 1.5.

Таблиця 1.5 – Розрахункові показники технологічності вала

№ з/п	Показник	Результати розрахунку	Висновок
1	Коефіцієнт використання матеріалу	$K_{в.м} = 33,2 / 44,3 = 0,75$	Технологічна
2	Оброблюваність матеріалу різанням	$K_{MV} = 1 \cdot (750/980)^{0,9} = 0,79$	Не технологічна
3	Трудомісткість виготовлення деталі	$K_y = 2,25 / 3,95 = 0,57 =$	Технологічна
4	Технологічна собівартість деталі	$K_{y.c} = 2,57 / 3,83 = 0,67$	Технологічна
5	Коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів деталі	$K_{y.e} = Q_{y.e} / Q_e = 15/18 = 0,83$	Технологічна
6	Коефіцієнт точності	$K_{т.ч} = 1 - (1/10,2) = 0,9$	Технологічна
7	Коефіцієнт шорсткості	$K_{ш} = 1/Ra_{cp} = 1/16 = 0,06$	Технологічна

Аналізуючи дані цієї таблиці, робимо висновок, що нашу деталь у цілому можна вважати технологічною.

1.7. Побудова та розрахунок технологічних розмірних ланцюгів

При проектуванні технологічного процесу механічної обробки деталі ключове місце займають технологічні розмірні розрахунки основних вихідних параметрів (операційних проміжних розмірів, припусків, розмірів заготовки і т. і.) [29].

Технологічні розмірні розрахунки дозволяють вже на стадії проектування передбачити вирішення найважливіших задач, які пов'язані з економією матеріальних витрат за рахунок зменшення припусків, зниження трудомісткості виготовлення деталі, зниження або повної ліквідації можливості виникнення браку за рахунок урахування різних варіантів розмірних ув'язок та вибору найбільш оптимальних з них.

Розмірні розрахунки дають можливість виконати всю розмірну ув'язку точності поверхонь в операціях за всіма ступенями обробки, показують, чи може бути деталь виготовлена в повній відповідності до всіх технічних вимог креслення, а також дозволяють сформулювати вимоги до параметрів точності заготовки.

Технологічні розмірні розрахунки виконуються на основі використання теорії розмірних ланцюгів [55], [29], [50]. Перед виконанням технологічних розмірних розрахунків потрібно виявити і побудувати технологічні розмірні ланцюги (ТРЛ), які відображають об'єктивні розмірні зв'язки в технологічних процесах і вимірах. ТРЛ складаються як сукупність розмірів, які беруть безпосередню участь у розв'язанні поставленої задачі і утворюють замкнутий контур.

Постановка задачі при виявленні і розв'язанні ТРЛ зазвичай зводиться до визначення номінальних розмірів, допусків, граничних відхилень і координат середин полів допусків усіх складових ланок виходячи із установлених кресленням вимог до замикальної ланки (проектна задача).

Як замикальну ланку зазвичай застосовують розмір на кресленні, який не може бути отриманим на технологічних операціях на попередньо налаштованому верстаті через прийняту систему постановки розмірів.

У ряді випадків виявляються розмірні ланцюги для розв'язання перевірної задачі. У випадку незабезпечення точності замикальної ланки, перевірна задача перетворюється в проектну.

Основні розрахункові рівняння розмірних ланцюгів методом максимуму – мінімуму та імовірнісним наводяться в літературі [55], [29], [50] та ін.

Ступінчасті вали дуже часто обробляються з використанням багаторізцевих та гідрокопіювальних напівавтоматів, а також токарних верстатів з ЧПК [20], [29], [51], [52], [15]. Особливості побудови та розрахунку ТРЛ для верстатів з ЧПК розглянуті у розділі «Програмування верстата з ЧПУ» [33].

Рациональне розташування розмірів для ступінчастого вала у випадку його обробки на багаторізцевих та гідрокопіювальних верстатах наведено на рис. 1.2 та 1.3. При цьому знадобилось введення технологічних розмірів A_{Ti} . Вони необхідні для виставлення різців в блоці (багаторізцеві напівавтомати) та виготовлення ступенів копіра (гідрокопіювальні напівавтомати). Перевірка правильності розв'язання ТРЛ проводилась шляхом розрахунку допуску замикальної ланки з урахуванням результатів визначення допуску корегувальної ланки.

Частина розмірів з креслення безпосередньо не витримується при виконанні технологічних операцій. Їх точність забезпечується автоматично, оскільки вони у відповідних ТРЛ приймаються як замикальної ланки.

На рис. 1.3 наводяться ескізи деталей із зазначенням розмірів з креслення (зверху ескізу) і всіх технологічних розмірів, які вводяться (знизу ескізу). Ескізи деталі являють собою розрахункові схеми, тому на них повинні вказуватися тільки ті розміри з креслення, які необхідні для визначення всіх параметрів технологічних розмірів з урахуванням їх спільного розв'язання.

Тут слід зазначити, що поверхні вала, положення яких визначаються розмірами $AT_1=330$ та $AT_4=435$ (рис. 1.3) являють собою настроювальні технологічні бази [29], відносно яких робиться налаштування токарних напівавтоматів та круглоторцешліфувальних верстатів з ЧПК. При розв'язанні ТРЛ ці розміри доцільно прийняти як корегувальні.

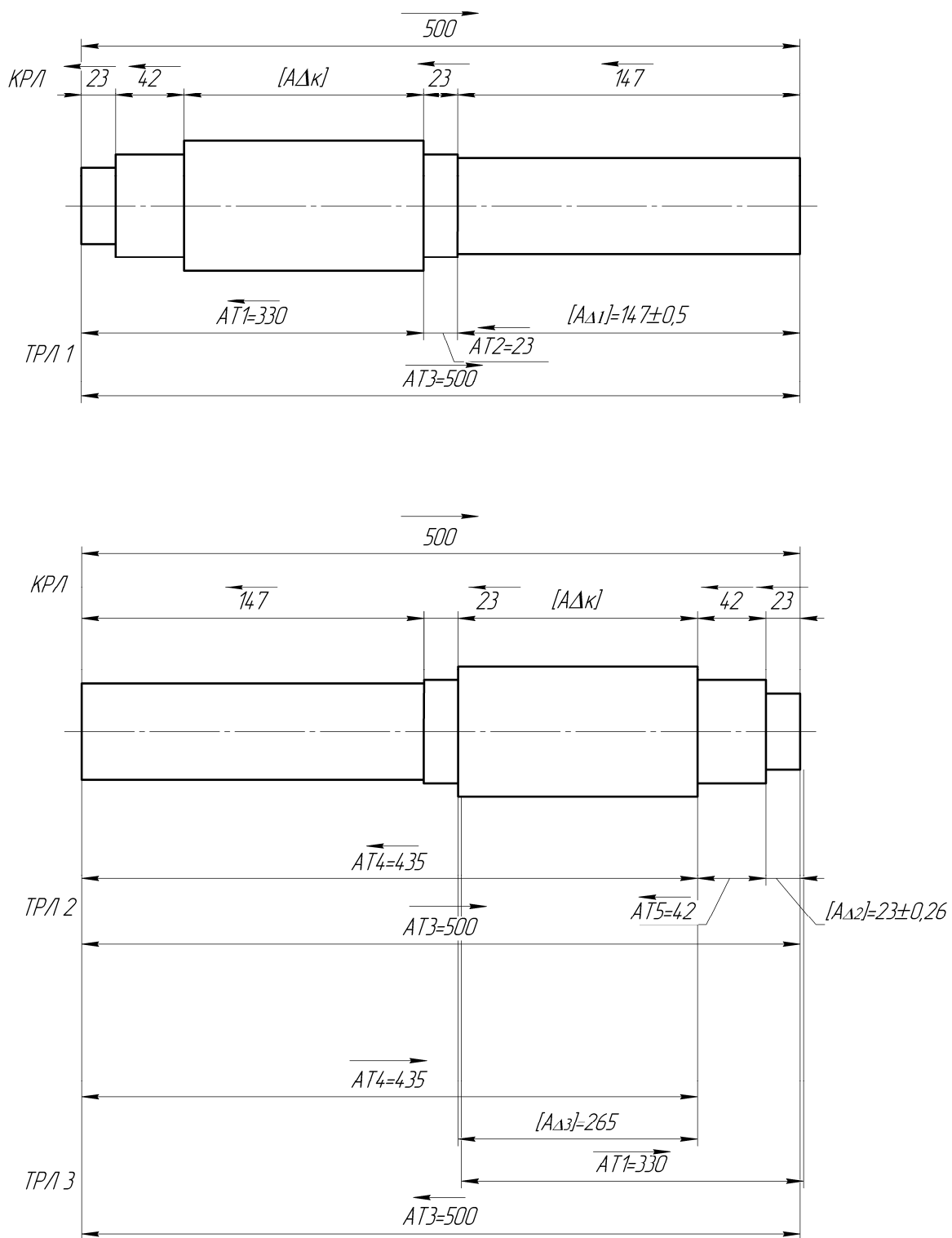


Рисунок 1.3 – Розрахункові схеми з раціональною розстановкою розмірів для обробки вала

Оскільки у двох основних технологічних ланцюгах є один спільний розмір (загальна довжина вала AT_3), то такі ланцюги належать до зв'язаних. А це означає, що розрахунки треба починати з найбільш точного ланцюга.

Для визначення точності ланцюгів розраховуємо кількість одиниць допуску для обох розмірних ланцюгів [6], [27].

ТРЛ 1: $AT_{l\text{ кор.}}=330$ мм; $AT_2=23$ мм; $AT_3=500$ мм; $[A_{\Delta 1}]=147\pm 0,5$;
 $T[A_{\Delta 1}]=1000$ мкм;

$$a_{p1} = \frac{\sqrt{TA_{\Delta 1}^2 - TA_{cm.}^2}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{m-1} i_i^2}} = \frac{1000}{\sqrt{12,53 + 1,72 + 16,0}} = 182.$$

Це приблизно відповідає IT12.

ТРЛ 2: $AT_{4\text{ кор.}}=435$ мм; $AT_{5_5}=42$ мм; $AT_3=500$ мм; $[A_{\Delta 2}]=23\pm 0,26$;
 $T[A_{\Delta 2}]=520$ мкм;

$$a_{p2} = \frac{\sqrt{TA_{\Delta 2}^2 - TA_{cm.}^2}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{m-1} i_i^2}} = \frac{870}{\sqrt{4,71 + 6,35 + 3,46 + 16,0}} = 157,5.$$

Це приблизно відповідає IT11.

Розрахунок починаємо з ТРЛ2, тому що він найбільш точний.

ТРЛ2: $AT_{4\text{ кор.}}=435$ мм; $AT_{5_5}=42$ мм; $AT_3=500$ мм; $[A_{\Delta 2}]=23\pm 0,26$;
 $T[A_{\Delta 2}]=520$ мкм;

За IT11 приймаємо: $AT_{5_5}=42\pm 0,080$; $AT_3=500_{-0,4}$.

Рівняння допуску корегувальної ланки:

$$TAT_{4\text{ кор.}} = \sqrt{TA_{\Delta 2}^2 - \sum_{i=1}^{m-2} TAT_i^2} = \sqrt{520^2 - (160^2 + 400^2)} = 290 \text{ мкм.}$$

Це приблизно відповідає 10 – 11 квалітетам.

Оскільки $AT_{4\text{ кор.}}$ є ланкою в ланцюгу, що зменшує, то рівняння її координати середини поля допуску розраховуємо за формулою

$$EcAT_{4\text{ кор.}} = -EcA_{\Delta 2} + \sum_{i=1}^{n-1} EcAT_i^{\rightarrow} - \sum_{n+1}^{m-2} EcAT_i^{\leftarrow} = -0 + (-200) - 0 = -200 \text{ мкм.}$$

Рівняння граничних відхилень корегувальної ланки розраховуємо за формулами

$$ES AT_{4\text{кор}} = Ec AT_{4\text{кор}} + \frac{TAT_{4\text{кор}}}{2} = -200 + 145 = -55 \text{ мкм.}$$

$$EI AT_{4\text{кор}} = Ec AT_{4\text{кор}} - \frac{TAT_{4\text{кор}}}{2} = -200 - 145 = -345 \text{ мкм.}$$

Перевірна задача. Допуск замикальної ланки розраховується за формулою

$$TA_{\Delta 2} = \sqrt{\sum_{i=1}^{m-1} TAT_i^2} = \sqrt{290^2 + 400^2 + 160^2} = 520 \text{ мкм.}$$

Координату середини поля допуску замикальної ланки визначаємо за формулою

$$Ec A_{\Delta 2} = \sum_{i=1}^{m-1} \xi_i Ec AT_i = -200 - (-200) = 0.$$

Граничні відхилення замикальної ланки:

$$ES A_{\Delta 2} = Ec A_{\Delta 2} + \frac{TA_{\Delta 2}}{2} = 0 + 260 = +260 \text{ мкм.}$$

$$EI A_{\Delta 2} = Ec A_{\Delta 2} - \frac{TA_{\Delta 2}}{2} = 0 - 260 = -260 \text{ мкм.}$$

Остаточо маємо:

$$AT_{4\text{кор.}} = 435_{-0,345}^{-0,055}.$$

ТРЛ1: $AT_{1\text{кор.}} = 330 \text{ мм}; AT_2 = 23 \text{ мм}$ $AT_3 = 500_{-0,4}^{-0,5}; [A_{\Delta 1}] = 147 \pm 0,5;$
 $T[A_{\Delta 1}] = 1000 \text{ мкм.}$ По IT12 приймаємо: $AT_2 = 23 \pm 0,105.$

Розрахуємо допуск корегувальної ланки:

$$TA_{1\text{кор.}} = \sqrt{TA_{\Delta 1}^2 - \sum_{i=1}^{m-2} TAT_i^2} = \sqrt{1000^2 - (210^2 + 400^2)} = 892 \text{ мкм.}$$

Це приблизно відповідає 13 квалітету.

Оскільки обрана корегувальна ланка є зменшуючою в ланцюгу, то рівняння її координати середини поля допуску розраховуємо за формулою:

$$Ec AT_{1\text{кор}} = -Ec A_{\Delta 1} + \sum_{i=1}^{n-1} Ec AT_i^{\rightarrow} - \sum_{n+1}^{m-2} Ec AT_i^{\leftarrow} = -0 + (-200) - 0 = -200 \text{ мкм.}$$

Граничні відхилення корегувальної ланки визначаємо за формулами

$$ES_{AT_{1кор.}} = Ec_{AT_{1кор.}} + \frac{TAT_{1кор.}}{2} = -200 + \frac{892}{2} = +246 \text{ мкм.}$$

$$EI_{AT_{1кор.}} = Ec_{AT_{1кор.}} - \frac{TAT_{1кор.}}{2} = -200 - \frac{892}{2} = -646 \text{ мкм.}$$

Перевірна задача. Допуск замикальної ланки розраховується за формулою:

$$TA_{\Delta 1} = \sqrt{\sum_{i=1}^{m-1} TAT_i^2} = \sqrt{892^2 + 210^2 + 400^2} = 1000 \text{ мкм.}$$

Рівняння координати середини поля допуску замикаючої ланки визначаємо за формулою:

$$Ec[A_{\Delta 1}] = \sum_{i=1}^{m-1} \xi_i EcAT_i = -200 - (-200) = 0.$$

Рівняння граничних відхилень замикаючої ланки:

$$ES_{A_{\Delta 1}} = Ec_{A_{\Delta 1}} + \frac{TA_{\Delta 1}}{2} = 0 + 500 = +500 \text{ мкм.}$$

$$EI_{A_{\Delta 1}} = Ec_{A_{\Delta 1}} - \frac{TA_{\Delta 1}}{2} = 0 - 500 = -500 \text{ мкм.}$$

Остаточно маємо, що $AT_{1кор.} = 330^{+0,246}_{-0,646}$.

Перевіримо розрахунки за допомогою ланцюга ТРЛЗ (рис. 1,4).

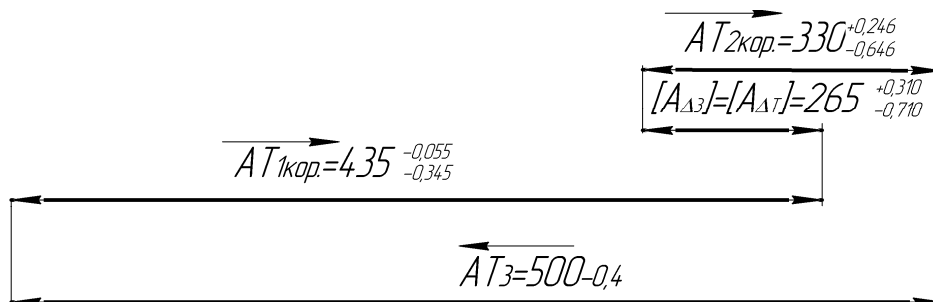


Рисунок 1.4 – Перевірочний ланцюг ТРЛЗ.

Для цього треба знати номінали, величини допусків та граничні відхилення замикаючої ланки $A_{\Delta 3}$ розрахованих з урахуванням як конструкторських ($A_{\Delta K}$), так і технологічних розмірів ($A_{\Delta T}$). В нашому випадку маємо, що номінал цієї ланки дорівнює:

$$A_{\Delta 3} = A_{\Delta K} = A_{\Delta T} = 265 \text{ мм.}$$

Якщо розрахунки ланцюгів ТРЛ 1 та ТРЛ 2 виконані правильно, то повинні виконуватися наступні умови:

1. Допуск замикальної ланки, отриманий в результаті виконання технологічних розмірів ($TA_{\Delta T} = TA_{\Delta 3}$), не повинен перевищувати допуск замикальної ланки, отриманий в результаті виконання конструкторських розмірів ($TA_{\Delta K}$), тобто

$$TA_{\Delta T} \leq TA_{\Delta K},$$

де $TA_{\Delta T}$ - допуск замикаючої ланки, отриманий в результаті виконання технологічних розмірів; $TA_{\Delta K}$ допуск замикаючої ланки, отриманий в результаті виконання конструкторських розмірів.

Розрахуємо допуск замикальної ланки (рис. 1,4):

$$[TA_{\Delta T}] = \sqrt{TA_{435}^2 + TA_{330}^2 + TA_{500}^2}.$$

$$TA_{\Delta T} = \sqrt{290^2 + 892^2 + 400^2} = 1019 \text{ мкм.}$$

2. Граничні відхилення замикальної ланки, отримані з урахуванням технологічних розмірів, не повинні виходити за межі їх конструкторських значень. Для визначення граничних технологічних відхилень розрахуємо координати середини поля допуску та граничні відхилення замикальної ланки:

$$ES[A_{\Delta T}] = Ec[A_{\Delta T}] + \frac{T[A_{\Delta T}]}{2} = -200 + \frac{1019}{2} = +310 \text{ мкм.}$$

$$EI[A_{\Delta T}] = Ec[A_{\Delta T}] - \frac{T[A_{\Delta T}]}{2} = -200 - \frac{1019}{2} = -710 \text{ мкм.}$$

Остаточно маємо, що $[TA_{\Delta T}] = TA_{\Delta 3} = 265^{+0,310}_{-0,710}$.

Допуск ($TA_{\Delta K}$) та граничні відхилення конструкторського розміру $A_{\Delta K}$ отримуємо шляхом розрахунку конструкторського розмірного ланцюга РЛ 4 (рис. 1,5).

Для розрахунку допуску замикальної ланки застосуємо метод максимуму-мінімуму:

$$T[A_{\Delta K}] = TA_{23} + TA_{42} + TA_{23} + TA_{147} + TA_{500}.$$

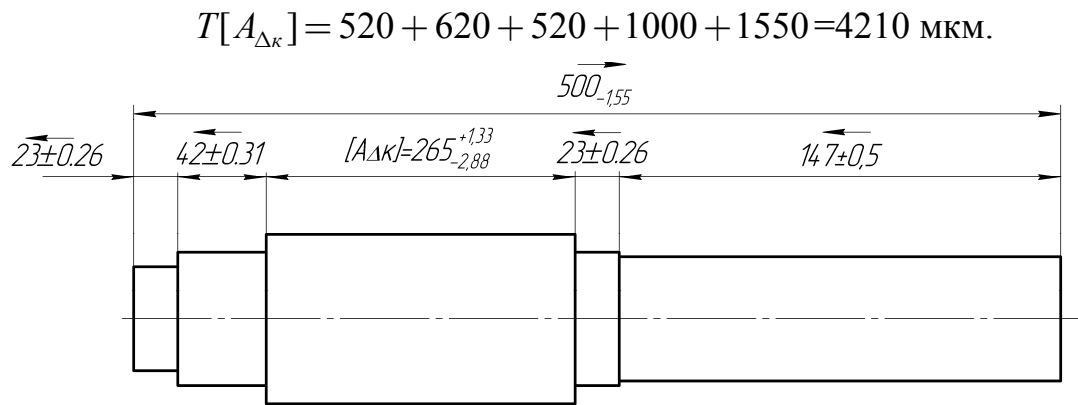


Рисунок 1.5 – Конструкторський розмірний ланцюг (КРЛ).

Координата середини поля допуску замикальної ланки:

$$ECA_{\Delta K} = \sum \xi \cdot ECA_i.$$

$$ECA_{\Delta K} = +(-775) - (0 + 0 + 0) = -775 \text{ мкм.}$$

Граничні відхилення замикаючої ланки:

$$ESA_{\Delta K} = ECA_{\Delta K} + \frac{TA_{\Delta K}}{2}; \quad EIA_{\Delta K} = ECA_{\Delta K} - \frac{TA_{\Delta K}}{2}.$$

$$ESA_{\Delta K} = -775 + \frac{4210}{2} = +1330 \text{ мкм}; \quad EIA_{\Delta K} = -775 - \frac{4210}{2} = -2880 \text{ мкм.}$$

Остаточно маємо, що $A_{\Delta K} = 265^{+1.33}_{-2.88}$.

Таким чином, умова $TA_{\Delta T} \leq TA_{\Delta K}$ витримується ($1019 \leq 2080$), а граничні відхилення замикального розміру ТРЛЗ ($TA_{\Delta T}$) знаходяться у межах граничних відхилень замикального розміру КРЛ ($TA_{\Delta K}$), що вказує на правильність виконаних розрахунків (рис. 1.6).

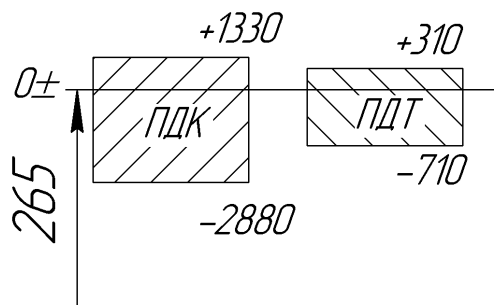


Рисунок 1.6 – Схема розташування полів допусків конструкторського (ПДК) та технологічного (ПДТ) замикаючих розмірів.

Кінцевий стан розмірних ланцюгів наведений на рисунку 1.7.

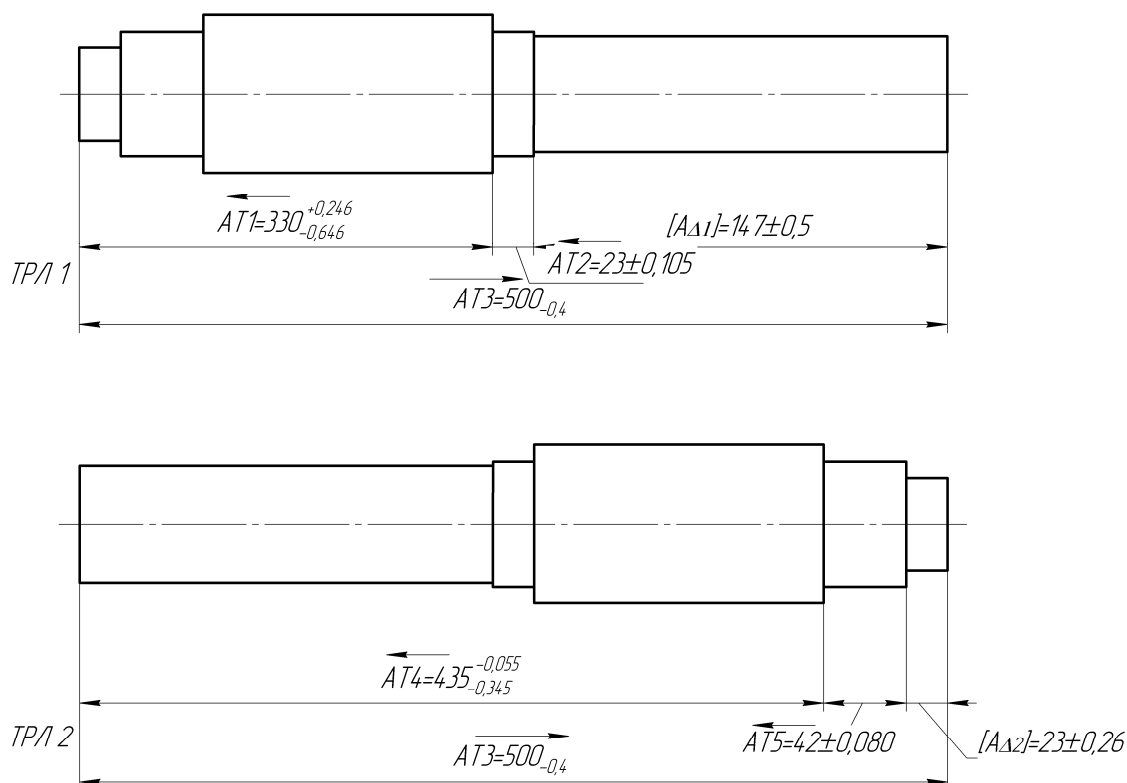


Рисунок 1.7 – Кінцевий стан розмірних ланцюгів ТРЛ1 та ТРЛ2

Отримані технологічні розміри будуть у подальшому використані при проектуванні заготовки та при розробці операційного технологічного процесу виготовлення деталі.

Розрахунки для обробки шпонкових пазів. Оскільки вал на шийці, де розташований шпонковий паз, має точний розмір (ІТ6), що досягається зазвичай дворазовим шліфуванням (чорновим і чистовим відповідно) на круглошліфувальному верстаті, то, дотримуючись принципу поетапності технологічного процесу [29], фрезерування паза повинно передувати шліфуванню. Однак з огляду на те, що процес шліфування дворазовий, фрезерування паза доцільніше робити все ж після чорнового шліфування, а не після чистового точіння. Це дозволяє істотно знизити похибку базування, тому що шийки вала (за якими деталь буде встановлюватись на призмах при фрезеруванні паза), матимуть незначні допуски.

З урахуванням сказаного необхідно шляхом розмірного аналізу визначити розмір $A1$, який необхідно забезпечити при фрезеруванні з тією умовою, щоб після чистового шліфування шийки в розмір, автоматично забезпечувався б креслярський розмір, який обмежує глибину шпонкового паза ($A3$, або t , рис. 1.8 та 1.9).

Таким чином розмір $A3$ є замикальною ланкою в розмірному ланцюгу ТРЦ 1. У ланцюгах ТРЛ1 та ТРЛ2 розмір $A2$ являє собою половину припуску на чистове шліфування ($Z/2$).

Розрахунки для обробки більшого шпонкового паза. Розрахункова схема визначення проміжних операційних розмірів більшого шпонкового паза в поперечному перерізі, які витримуються на шпонково-фрезерній операції, подана на рисунку 1.8.

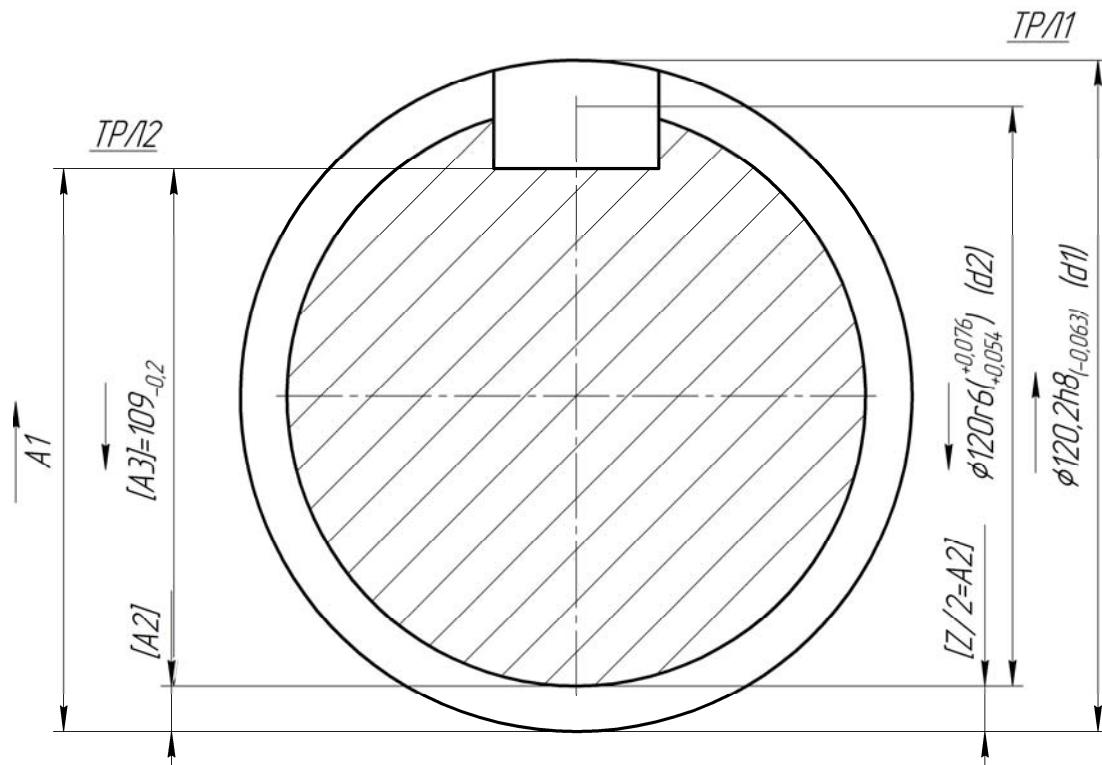


Рисунок 1.8 – Розрахункові схеми визначення проміжних операційних розмірів шпонкових пазів у поперечному перерізі

Розрахуємо ТРЛ1. Визначаємо граничні відхилення та допуск припуску на шліфування за формулами

$$A_2 = \frac{d_1 - d_2}{2} = \frac{120,2 - 120}{2} = 0,1 \text{ мм.}$$

$$ESA_2 = \frac{ESd_1 - EId_2}{2} = \frac{0 - 54}{2} = -27 \text{ мкм,}$$

$$EIA_2 = \frac{EId_1 - ESd_2}{2} = \frac{-63 - 76}{2} = -70 \text{ мкм,}$$

$$TA_2 = ESA_2 - EIA_2 = -27 - (-70) = 43 \text{ мкм.}$$

$$A_2 = 0,1_{-0,070}^{-0,027}.$$

Робимо перевірку:

$$TA_2 = \frac{Td_1 + Td_2}{2} = \frac{63 + 22}{2} \approx 43 \text{ мкм.}$$

Таким чином, розрахунки виконані правильно.

Розрахуємо ТРЛ2. Визначимо граничні відхилення та допуск припуску на шліфування:

$$A_1 = A_3 + \left(\frac{d_1 - d_2}{2} \right) = 109 + \frac{120,2 - 120}{2} = 109,1 \text{ мм}$$

$$ESA_1 = ESA_3 + EIA_2 = 0 - 70 = -70 \text{ мкм,}$$

$$EIA_1 = EIA_3 + ESA_2 = -200 - 27 = -227 \text{ мкм,}$$

$$TA_1 = ESA_1 - EIA_1 = -70 - (-227) = 157 \text{ мкм.}$$

Виконуємо перевірку:

$$TA_1 = TA_3 - TA_2 = 200 - 43 \approx 157 \text{ мкм.}$$

Таким чином, розрахунки виконані правильно. Остаточного маємо, що:

$$A_1 = 109,1_{-0,227}^{-0,070}.$$

Розрахунки для обробки меншого шпонкового пазу. Розрахункова схема визначення проміжних операційних розмірів меншого шпонкового паза в поперечному перерізі, які витримуються на шпонково-фрезерній операції подана на рис. 1.9.

Розрахуємо ТРЛ1. Визначимо граничні відхилення та допуск припуску на шліфування за формулами

$$A_2 = \frac{d_1 - d_2}{2} = \frac{80,2 - 80}{2} = 0,1 \text{ мм.}$$

$$ESA_2 = \frac{ESd_1 - EId_2}{2} = \frac{0 - (-10)}{2} = +5 \text{ мкм,}$$

$$EIA_2 = \frac{EId_1 - ESd_2}{2} = \frac{-54 - 10}{2} = -32 \text{ мкм.}$$

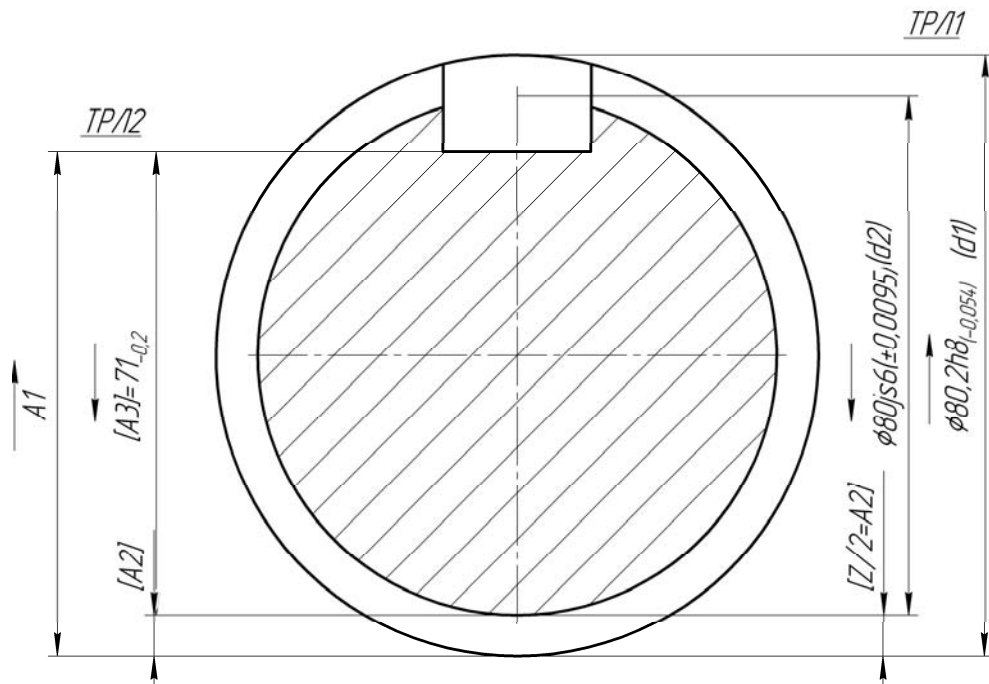


Рисунок 1.9 – Розрахункові схеми визначення проміжних операційних розмірів шпонкових пазів у поперечному перерізі

$$TA_2 = ESA_2 - EIA_2 = +5 - (-32) = 37 \text{ мкм.}$$

$$A_2 = 0,1^{+0,005}_{-0,032}.$$

Робимо перевірку:

$$TA2 = \frac{Td1 + Td2}{2} = \frac{54 + 20}{2} \approx 37 \text{ мкм.}$$

Таким чином, розрахунки виконані правильно.

Розрахуємо ТРЛ2. Визначимо граничні відхилення та допуск припуску на шліфування:

$$A_1 = A_3 + \left(\frac{d_1 - d_2}{2} \right) = 71 + \frac{80,2 - 80}{2} = 71,1 \text{ мм},$$

$$ESA_1 = ESA_3 + EIA_2 = 0 - 32 = -32 \text{ мкм},$$

$$EIA_1 = EIA_3 + ESA_2 = -200 + 5 = -195 \text{ мкм},$$

$$TA_1 = ESA_1 - EIA_1 = -32 - (-195) = 163 \text{ мкм},$$

Виконуємо перевірку:

$$TA_1 = TA_3 - TA_2 = 200 - 37 \approx 163 \text{ мкм}.$$

Таким чином, розрахунки виконані правильно. Остаточного маємо, що

$$A_1 = 71,1_{-0,195}^{+0,032}.$$

Розрахунки технологічних лінійних розмірів для визначення осьового положення шпонкових пазів не робимо, тому що при обробці забезпечуємо збіг конструктивних та технологічних установлювальних баз.

1.8. Розрахунок необхідного числа обробок поверхонь

При проектуванні техпроцесу механічної обробки будь-якої деталі технолог вирішує комплекс питань, що забезпечують досягнення вимог креслення, максимальну продуктивність праці при мінімальних трудових і матеріальних витратах. Разом з цим враховується необхідність мінімізації шкідливої дії на навколишнє середовище. Тому перед початком проектування технологічного процесу необхідно бути впевненим у досягненні кінцевої мети. В першу чергу це належить до точності геометричних розмірів, форми поверхонь, значень просторових відхилень, шорсткості тощо.

Технологічний процес являє собою послідовне перетворення заготовки в готову деталь. Найважливішим параметром технологічного процесу, який характеризує таке перетворення, є уточнення [29], під яким узагальнено розуміють відношення допуску заготовки до допуску готової деталі.

Уточнення поверхонь визначається: за геометричними розмірами ($\varepsilon_{d,L}$); за шорсткістю поверхні (ε_{Rz}); за формою та взаємним розташуванням поверхонь (ε_{Δ}).

Уточнення розраховуються для кожної поверхні за формулами

$$\varepsilon_{d,L} = \frac{T_d(T_L)_{\text{заг.}}}{T_d(T_L)_{\text{дет.}}}, \quad \varepsilon_{Ra} = \frac{R_{a\text{ заг.}}}{R_{a\text{ дет.}}}, \quad \varepsilon_{\Delta} = \frac{T\Delta_{\text{заг.}}}{T\Delta_{\text{дет.}}},$$

де $T_d(T_L)_{\text{заг.}}$, $T_d(T_L)_{\text{дет.}}$, $T\Delta_{\text{заг.}}$, $T\Delta_{\text{дет.}}$ – допуски відповідно на розміри, геометричну форму і взаємне розташування поверхонь заготовки та деталі відповідно; $R_{a\text{ заг.}}$, $R_{a\text{ дет.}}$ – відповідно шорсткість поверхонь заготовки і деталі.

Значення допусків для деталі беруться з її креслення, а для заготовки з матеріалів розрахунку припусків, допусків та міжопераційних розмірів поверхонь деталі [33].

Визначивши значення уточнень ε за всіма розглянутими параметрами, розраховуємо кількість обробок K_i для поверхонь деталі за формулою:

$$K_i = \frac{\lg \varepsilon_i}{a},$$

де ε_i – уточнення; емпіричний коефіцієнт $a = 0,45 - 0,5$; i – номер поверхні деталі.

Наведені вище формули для розрахунків числа обробок не дозволяють отримати абсолютно точні результати, але дають технологу (особливо технологу - початківцю) цінну підказку для досягнення поставленої мети.

Результати розрахунків уточнень ε_i та числа обробок поверхонь K_i зводимо до таблиці 1.6. Вони розподіляються між стадіями обробок (технологічними переходами) за законами геометричної прогресії. Враховується те, що на більш грубих початкових етапах обробки уточнення становить більше число квалітетів, а на завершальних (більш точних) етапах обробки – 1-2 квалітети.

При призначенні квалітетів точності для обробки лінійних розмірів (торці деталі) приймалося, що обробка на багаторізцевих та гідрокопіювальних напівавтоматах гарантовано забезпечує відповідно IT12 та IT10, а чорнове та чистове шліфування на круглошліфувальних верстатах відповідно IT8 та IT6. Для випадку обробки торців (позиції 3, 5, 7 та 9) бралися до уваги результати розрахунків розмірних ланцюгів. Їх кінцевий стан показано на рис. 1.7.

Таблиця 1.6 – Розрахункові параметри точності обробки поверхонь

№ поверхні	Кількість технологічних переходів			$IT_{d,l}$ за переходами				Ra за переходами			
	$K_{d,l}$	K_{Ra}	K_{Δ}	1	2	3	4	1	2	3	4
1, 12	1	1	1	IT11	–	–	–	6,3	-	–	–
2, 8	4	4	4	$h12$	$h10$	$h8$	$k6$	12,5	6,3	2,5	1,25
3	1	4	4	$h12$	$Js12$	$Js12$	$Js12$	12,5	6,3	2,5	2,5
4	2	2	2	$h12$	$h10$	-	-	12,5	6,3	-	-
5	2	2		$Js12$	$Js11$	-	-	12,5	6,3	-	-
6	4	4	4	$h12$	$h10$	$h8$	$r6$	12,5	6,3	1,25	0,4
7	1	4	4	$Js12$	$Js12$	$Js12$	$Js12$	12,5	6,3	2,5	2,5
9	1	1	1	$Js11$	$Js11$	-	-	12,5	6,3	-	-
10	4	5	4	$h12$	$h10$	$h8$	$js6+П^*$	12,5	6,3	1,25	0,08
11	4	4	4	$h12$	$h10$	$h8$	$js6$	12,5	6,3	1,25	0,4

*Примітка: +П - плюс полірування.

1.9. Особливості вибору та обґрунтування методів обробки

У технологічному процесі виготовлення ступінчастого вала, що проектується, маючи точність вихідної заготовки (IT16), передбачають токарну чорнову обробку по всьому контуру вала, яка виконується на багаторіздцевому токарному напівавтоматі (IT12).

У даному випадку після чорнкової токарної обробки застосовують чистове точіння циліндричних поверхонь на гідрокопіювальному верстаті (IT10). Як варіант токарної обробки застосовують точіння на верстаті з ЧПК, що дозволяє виконати порівняльний аналіз технологічної собівартості застосування токарних верстатів різних груп.

Попереднє (чорнове) шліфування стабільно забезпечує (IT8). Для кінцевої обробки зовнішніх циліндричних поверхонь (IT6) застосовуємо чистове (тонке) шліфування.

Як приклад наводимо види обробки поверхні $\varnothing 80js6$ (рис. 1.10).

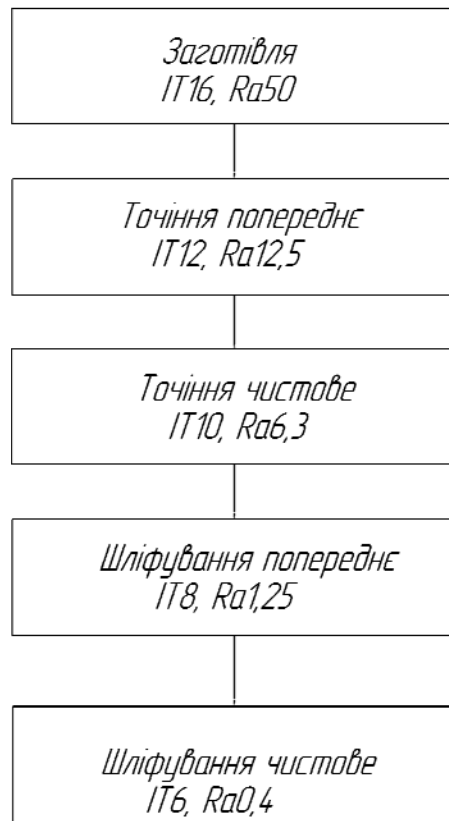


Рисунок 1.10 - Етапи та види обробки поверхні 11 (Ø80js6).

В таблиці 1.7 наведені технологічні підходи, які дозволяють забезпечити як розмірну точність, так і технічні вимоги щодо відхилень форми та взаємного розташування поверхонь згідно з існуючими стандартами (ГОСТ 24642-81, ГОСТ 24643-81, ГОСТ 25069-81, ГОСТ 2.308-79).





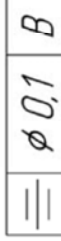

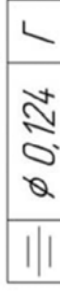
В таблиці використані скорочення, які розшифровуються таким чином: К – конструкторська база; Т – технологічна база; В – вимірювальна база; Т_п – токарна попередня обробка; Т_ч – токарна чистова обробка; Ш_п – шліфування попереднє; Ш_ч – шліфування чистове; Ф-Ц – фрезерно-центрувальна; Ш-Ф – шпонково-фрезерна; П – полірувальна.

Вимоги щодо відхилення від перпендикулярності торців заплечиків вала під підшипники можна задовольнити шляхом використання їх одночасної обробки з циліндричними поверхнями цапф. Для цього повинні бути використані чистова та чорнова торцекруглошліфувальні операції.

Таблиця 1.7— Технологічні прийоми, що забезпечують вимоги креслення

№ поверхні	Номінальний розмір, поля допусків		Параметр шорсткості R_a , мкм	Просторове відхилення, умовне позначення	Маршрут обробок, що забезпечує задану точність і шорсткість поверхні	Технологічні прийоми, що забезпечують задані просторові відхилення
	за кресленням	технологічний				
1, 12.	200 <i>h</i> 14	200 <i>h</i> 11	6,3	—	Ф-Ц	Спільна обробка двох торців наштованими фрезами
2, 8.	Ø90 <i>k</i> 6	Ø90 <i>k</i> 6	1.25	<div> <div> $\sqrt{\text{Rz}}$ </div> <div> $0,005$ </div> </div> <div> <div> \odot </div> <div> ϕ </div> <div> $0,005$ </div> <div> <i>A</i> </div> <div> <i>B</i> </div> </div>	$T_p, T_q, Ш_p, Ш_q$	Обробка в центрах
3, 7.	23	23 Js12	2.5	<div> <div> \perp </div> <div> $0,012$ </div> <div> <i>A</i> </div> <div> <i>B</i> </div> </div>	$T_p, T_q, Ш_p, Ш_q$	Спільна обробка шліфувальним кругом з поверхнею 2 та 8 відповідно
4, 5.	Ø100 <i>h</i> 10, 42	Ø100 <i>h</i> 10, 42Js11	6.3		T_p, T_q	Обробка в центрах
6.	Ø120 <i>r</i> 6	Ø120 <i>r</i> 6	0,4	<div> <div> $\sqrt{\text{Rz}}$ </div> <div> $0,005$ </div> </div> <div> <div> \odot </div> <div> ϕ </div> <div> $0,005$ </div> <div> <i>A</i> </div> <div> <i>B</i> </div> </div>	$\Phi_{\text{чор.}}, \Phi_{\text{чист.}}, Ш_p, Ш_q$	Обробка в центрах

Продовження таблиці 1.7

№ поверхні	Номінальний розмір, поля допусків		Параметр шорсткості R_a , мкм	Просторове відхилення, умовне позначення	Маршрут обробок, що забезпечує задану точність і шорсткість поверхні	Технологічні прийоми, що забезпечують задані просторові відхилення
	за кресленням	технологічний				
9.	147	147	6.3	-	T_p, T_q	Обробка в центрах
10, 11.	$\varnothing 80js6, 147$	$\varnothing 80js6, 147$	0,4	  	$T_p, T_q, Ш_p, Ш_q$	Обробка в центрах
13.	$32P9, 11^{+0,2},$	$24P9, A_1 = 109, 1^{-0,070}_{-0,227}$	3.2	 	ШП-Ф	Обробка попередньо наштовпаною фрезой
14.	$22P9, 9^{+0,2},$	$22P9, A_1 = 71, 1^{-0,032}_{-0,195}$	6.3	 	ШП-Ф	Обробка попередньо наштовпаною фрезой

У даному випадку використовують верстати з поворотною шліфувальною бабкою (частіше за все кут повороту бабки $\alpha=45^\circ$), а шліфувальний круг прямого профілю заправляється відповідним чином за допомогою алмазного правлячого інструменту [20].

Як видно з креслення, при виготовленні шпонкових пазів треба витримувати як розмірну точність, так і відхилення від взаємного розташування поверхонь. Так, наприклад, ширина паза забезпечується інструментом (у даному випадку вибираються шпонкові фрези, які призначені для забезпечення поля допуску Р9 за шириною паза вала). Що стосується глибини та довжини паза, а також відхилень від паралельності та симетричності, то вони забезпечуються шляхом попереднього налаштування вертикально (шпонково)-фрезерного верстата. Для наочності послідовності виконання технологічних переходів при обробці поверхонь складена таблиця 1.8.

Таблиця 1.8 – Маршрутна таблиця поетапної обробки поверхонь вала

Квалітети точності	Номери поверхонь												План обробки поверхонь
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
16													Заготівка
15													Попередня лезова обробка
14													
13													
12													
11													
10													Чистова лезова обробка
9													
8													
7													
6													Чистове шліфування

Таблиця 1.9 – Технологічний маршрут механічної обробки вала

Номер операції	Найменування операції	Модель верстата
000	Заготівельна	КГШП
005	Фрезерно-центрувальна	МР-73
010	Токарна багаторіцева	17А30
015	Токарна багаторіцева	17А30
020	Токарна гідрокопіювальна	1722
025	Токарна гідрокопіювальна	1722
030	Термічна	Установка СВЧ
035	Круглоторцешліфувальна чорнова	3Т161ВФ20
040	Круглоторцешліфувальна чорнова	3Т161ВФ20
045	Шпонково-фрезерна	6Р11Ф2
050	Шпонково-фрезерна	6Р11Ф2
055	Круглоторцешліфувальна чистова	3Т161ВФ20
060	Круглоторцешліфувальна чистова	3Т161ВФ20
065	Полірувальна	16К20
070	Слюсарна	Слюсарний стіл, установка для маркування
075	Мийна	Мийна машина ММК 7.13.5/1
080	Контрольна	Стіл ВТК

2. ПІДГОТОВКА ДАНИХ ДЛЯ РОЗРОБКИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ СТУПІНЧАСТОГО ВАЛА

2.1. Вибір та обґрунтування способу отримання заготовки

Деталь можна виготовити з заготовок, отриманих різними способами. Це різні методи лиття, обробка тиском, зварювання і т.д.

Литтям одержують заготовки практично будь-яких розмірів, як простої, так і дуже складної конфігурації. Точність розмірів і якість поверхні залежать від способу лиття.

Обробкою металів тиском одержують машинобудівні профілі, ковани і штамповані заготовки. Цей метод дозволяють одержати заготовки, близькі за формою та розмірами до готової деталі. Як правило, механічні властивості таких заготовок завжди вищі, ніж лиття.

Кування застосовується для виготовлення заготовок в одиничному виробництві. При виробництві дуже великих і унікальних заготовок (масою до 200 – 300 т) кування – єдиний можливий спосіб обробки тиском [51].

Одним з основних принципів вибору заготовки є орієнтація на такий засіб виготовлення, що забезпечить їй максимальне наближення до готової деталі. Тому при виборі способу одержання заготовки потрібно проводити техніко-економічний аналіз двох етапів виробництва – заготівельного і механообробного.

Відповідно до технічного принципу обраний технологічний процес повинен цілком забезпечити виконання всіх вимог креслення і технічних умов на заготовку. Відповідно до економічного принципу виготовлення заготовки повинне вестись з мінімальними виробничими витратами.

З декількох можливих варіантів технологічного процесу за інших рівних умов вибирають найбільш економічний, при рівній економічності – найбільш продуктивний.

На першому етапі ретельно аналізуються детальні і складальні креслення виробу, взаємозв'язок елементів конструкції при складанні, експлуатації і ремонті. Цей аналіз супроводжується критичною оцінкою креслень з погляду технологічності й обґрунтованості технічних вимог. Усі виявлені недоліки виправляються разом з розроблювачем конструкції.

Потім, виходячи з заданої програми випуску продукції, конфігурації і розмірів основних деталей і вузлів, а також виробничих можливостей підприємства, установлюється тип і характер майбутнього виробничого процесу (одиничне, серійне чи масове; групове чи потокове).

Відповідно до конструкції деталі і пропонованих технічних вимог встановлюють основні фактори, що визначають вибір виду заготовки і технологію її виготовлення. Фактори бажано розташовувати в порядку убутання їхньої значущості.

Аналізуючи ступінь впливу розглянутих вище факторів, вибирають один чи кілька технологічних процесів, що забезпечують одержання заготовки необхідної якості. Одночасно перевіряють можливість використання комбінованих заготовок. На попередньому етапі вибору оптимального способу одержання заготовки можна скористатися так званою матрицею впливу факторів, що подана в таблиці 2,1.

Штампкування на кривошипних гарячештампувальних пресах набуло поширення в крупносерійному і масовому виробництвах кувань складної форми масою до кількох сотень кілограмів. Вони відрізняються більш високою вартістю, але пристосовані для високоомеханізованого й автоматизованого виробництва.

При штампуванні одержують кування, більш близькі за формою до готової деталі, з більш точними розмірами. Продуктивність штампкування підвищується приблизно в 1,4 раза за рахунок скорочення числа ударів у кожному струмку до одного.

Штампкування на гідравлічних пресах має не ударний характер роботи. Гідравлічний штампувальний прес значно дорожчий, тихохідніший і менш продуктивний, ніж штампувальний молот з еквівалентною масою падаючих частин.

Штампкування на горизонтально-кувальних машинах являють собою горизонтальні кривошипні гарячештампувальні преси які розвивають зусилля 6,3-125 МН. На горизонтально-кувальних машинах штампують у відкритих, закритих штампах і в штампах для видавлювання. З порівняльної характеристики видно, що багато засобів одержання заготовки підходять для нашого випадку, але продуктивніші за все є кривошипні гарячештампувальні преси, хоча і мають високу вартість.

Таблиця 2.1 – Матриця впливу факторів

Методи	Засоби отримання заготовки	Фактори								
		Форма і габарити, мм	Маса	Сталь	Чавун	Точність IT	Шорсткість Rz, мкм	Відносна собівартість %	Річна програма чи тип виробництва	Сума
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Лиття	В піщані форми	+	+	-	+	-	+	-	+	5
	В оболонкові форми	+	+	-	-	+	+	-	+	5
	По виплавлюваних моделях	+	+	-	-	+	+	-	+	5
	В кокіль	+	+	-	-	+	+	+	+	6
	Електрошлакове лиття	+	+	-	+	+	-	+	-	5
	Під тиском	+	+	-	+	+	-	+	-	5
	Відцентрове	+	+	-	-	+	+	+	+	6
Обробка тиском	Кування вільне	+	+	-	-	-	+	-	-	3
	Кування в підкладних штампах	+	+	-	-	-	+	-	-	3
	Штампкування на молотах у відкритих штампах	+	+	+	-	-	+	-	+	5
	Штампкування на кривошипних гарячештампувальних пресах	+	+	+	-	+	+	+	+	7
	Гідравлічний прес у відкритих штампах	+	+	+	-	+	-	+	+	6
	Горизонтально-кувальні машини в закритих штампах	-	+	+	-	-	+	+	+	5
	Ротаційно-кувальні машини	-	+	+	-	-	-	-	+	3
	Радіально-кувальні машини	-	+	+	-	-	-	-	+	3
	Штамповка видавлюванням на гідравлічних пресах	-	+	+	-	+	+	+	+	6

Оцінка кожного фактора в ній оцінюється як «плюс-мінус». Кращим вважається той спосіб, що набрав більше число плюсів. Такий аналіз для деталі з заданими технічними вимогами, достатньо великим перепадом діаметрів та програми випуску $N_p = 21000$ штук показав, що найбільш оптимальним методом виготовлення заготовки є гаряча штамповка на кривошипному пресі.

2.2. Проектування робочого креслення заготовки

Таким чином, як заготовку використовуємо штамповку (поковка нормальної точності). Група сталі М2, ступінь складності поковки С1. Припуски на діаметральні розміри визначаємо розрахунково-аналітичним методом [33]. Припуски на лінійні розміри можна визначити табличним методом. Використовуючи ці дані проектуємо робоче креслення заготовки і наводимо його на рис. 2.3.

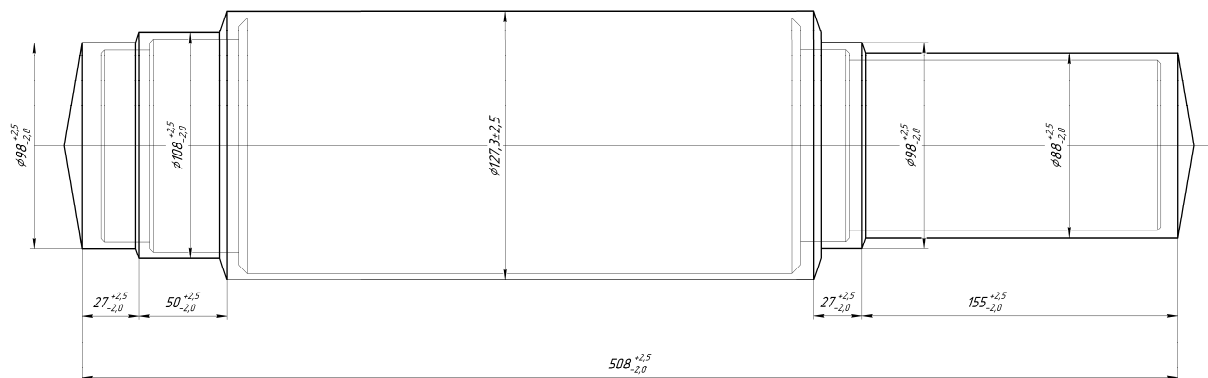


Рисунок 2.3 – Креслення заготовки (штамповка)

Розрахункова маса заготовки складає 44,3 кг.

2.3. Проектування карт технологічних наладок

Інструментальна наладка являє собою комплекс ріжучого і допоміжного інструменту, скомпонованого відповідно до вимог технологічної операції. У карті наладки повинні бути узгоджені контактні поверхні інструментів, верстата, пристосування та заготовки, а також перевіряється можливість розміщення засобів технологічного оснащення в

робочій зоні верстата. Проектування інструментальних наладок є важливим етапом розробки технологічної операції, тому що від якості цієї роботи залежить наскільки успішно буде виконуватись дана операція. Якщо хоча б один з елементів наладки буде не передбачений – операція не зможе здійснитися. При проектуванні наладок повинні враховуватися: тип виробництва, точність, що має бути забезпечена на операції, продуктивність, зручність роботи на верстаті і т. ін.

При проектуванні інструментальної наладки на токарні багаторізцеві і гідрокопіювальні напівавтомати враховуємо, що контактні поверхні інструментальних повздовжніх, поперечних і гідрокопіювальних супортів виконуються у вигляді площини з Т-подібними пазами, а за необхідністю можуть мати додаткові пази для точної фіксації різцетримача в радіальному напрямку осі шпинделя. В деяких випадках операція може комплектуватися декількома різцетримачами. У цьому випадку одна різцетримач може бути встановлений на верстаті, а інші можуть бути настроєні поза верстатом, при цьому значно скорочується час на зміни різцетримача і відпадає необхідність налагоджувати інструмент на верстаті, що важливо при багатоінструментальній обробці з метою скорочення допоміжного часу. Різцетримач подовжнього супорта гідрокопіювального верстата оснащена одним різцем із пластиною, що не переточується, із твердого сплаву марки T15K6+TiN.

Тримачі кріпляться до супортів за допомогою гвинтів і сухарів, що входять у Т-подібні пази. Точна фіксація тримачів забезпечується виступами на їх контактних поверхнях, які входять в пази супортів. В різцетримачах передбачається можливість регулювання вильоту різців і їх положення по висоті відносно осі шпинделя верстата. Найбільш відповідальним при проектуванні наладки для багаторізцевого напівавтомата є вибір і взаємне положення різців у різцетримачі, тому викреслювання всіх елементів наладки в необхідному положенні різців повинно бути ретельно виконано в єдиному масштабі. Різці в різцетримачі розташовують за методом розподілу довжини обробки, при цьому кожний із них буде навантажений приблизно однаково. Довжина робочого ходу супорта буде мінімальною, а продуктивність процесу максимальною.

Як повідковий засіб на токарних операціях використовується повідковий двокулачковий патрон з плаваючим центром. Такий патрон забезпечує базування заготовки по центровим отворах (штучні бази) і крайнім торцям вала. Для центрування по правому центральному отвору використовується центр, що обертається, який знаходиться в задній бабці верстата.

У наладці фрезерно-центрувального верстата бажано використовувати торцеві фрези зі змінними багатогранними пластинами точного виконання, що виключає підналагодження при повороті і зміні пластин. Передбачено незалежну наладку кожної фрези. Центрувальні свердла закріплюються в змінних втулках з регульованим упором, що дозволяє налагоджувати виліт свердел поза верстатом.

У даному посібнику у додатку «В» наводиться карта технологічної наладки для операції 005 – фрезерно-центрувальна. Інформація, яка подана на ній, є достатньою для виконання наладки обладнання.

2.4. Вибір та обґрунтування схем базування

Одним з найбільш важких та відповідальних розділів проектування технологічного процесу механічної обробки є призначення технологічних та вимірювальних баз. Від цього значною мірою залежать фактична точність виконання розмірів, заданих конструктором, правильність взаємного розташування оброблювальних поверхонь, ступінь складності пристосувань, різальних та вимірювальних інструментів, загальна продуктивність обробки деталей.

Правильний вибір технологічних установчих баз (ТУБ) набуває особливо важливого значення в умовах автоматизації виробництва, застосування верстатів з ЧПК, верстатів автоматів і напіваавтоматів, бо всі ці види обробки ґрунтуються на принципі автоматичного отримання розмірів на попередньо налаштованих верстатах, в яких технологічна база є однією із основних складових елементів. У зв'язку з цим питання щодо вибору технологічних баз вирішується технологом на початку проектування технологічного процесу одночасно з питанням про послідовність і види обробки окремих поверхонь заготовки.

Призначення ТУБ починається з вибору бази для виконання першої операції. ТУБ, яка використовується при першому установі заготовки, називається чорною технологічною базою. Як чорнову ТУБ для першої механічної операції (фрезерно-центрувальна) приймаємо зовнішні циліндричні поверхні заготовки (головна ТУБ), розташовані на протилежних кінцях вала, що достатні за довжиною для надійного закріплення заготовки. Природно, що за наявності можливості, як зовнішні циліндричні поверхні необхідно прагнути приймати поверхні підпідшипники кочення. Для осьової орієнтації заготовки використовується один з її торців як упорну ТУБ.

Як чистову ТУБ для операцій, на яких будуть оброблюватися поверхні обертання, використовуються два центрових отвори. В окремих операціях в комплекс баз буде також входити один з крайніх торців заготовки, розташований зліва при установці заготовки на верстаті. Це дозволяє правильно орієнтувати заготовки в осьовому напрямку при обробці на багаторізцевих, гідрокопіювальних напівавтоматах, токарних і круглоторцевшліфувальних верстатах з ЧПК.

Такий комплект ТУБ повністю відповідає технологічним вимогам креслення вала, яке уточнювалося в ході технологічного контролю. Усі циліндричні та взаємопов'язані з ними торцеві поверхні за всім технологічним маршрутом оброблюються при реалізації принципу постійності баз.

Для дотримання принципу суміщення технологічних та вимірювальних баз був виконаний перерахунок осьових розмірів. Причому для токарної операції на верстаті з ЧПК прийнятий координатний спосіб розстановки осьових розмірів від крайніх торців вала. Для токарних та шліфувальних операцій, які виконані на гідрокопіювальних та круглоторцевшліфувальних верстатах з ЧПК для забезпечення принципу суміщення баз, використовуються настроювальні ТУБ – проміжні торцеві поверхні, які зв'язані послідовним ланцюгом. Перша настроювальна база пов'язана розміром з контактною технологічною базою заготовки та крайнім лівим торцем вала, який розташований при установці на верстаті зліва. При використанні настроювальних технологічних баз опорна поверхня заготовки (лівий торець) є контактною технологічною базою для

отримання лінійного розміру тільки при обробці першої настроювальної бази (відстань від лівого торця до першого різця повздовжнього супорта). Усі інші торцеві поверхні, які зв'язані з настроювальною технологічною базою ланцюгом ліній розмірів, в свою чергу є настроювальними технологічними базами, які використовуються для встановлення різців у межах різцевого блока або для виготовлення ступенів копіра гідрокопіювального верстата. При використанні настроювальних баз похибка закріплення заготовок на точність розмірів, які розставляються від цих баз, не впливає. Точність лінійних розмірів між суміжними торцевими поверхнями вала визначається в основному точністю настройки різців у різцевому блоці повздовжнього та поперечного супорта, точністю виготовлення ступенів копіра гідрокопіювального верстата та точністю відпрацювання керівних програм на круглоторцешліфувальних верстатах з ЧПК. Указані переваги настроювальних баз обумовлюють їх широке використання при обробці деталей на багаторізцевих та гідрокопіювальних верстатах, верстатах з ЧПК, а також при багатопозиційній обробці.

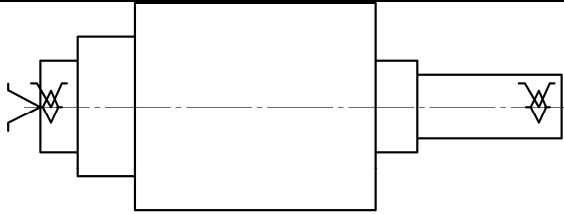
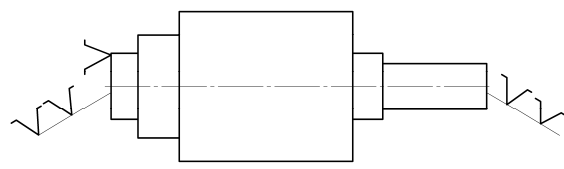
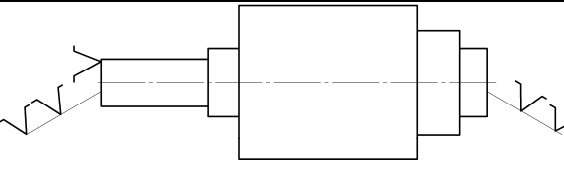
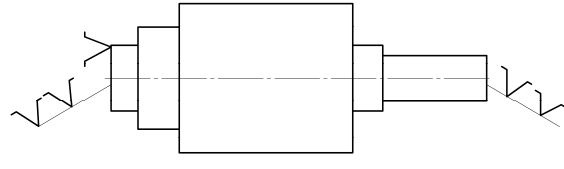
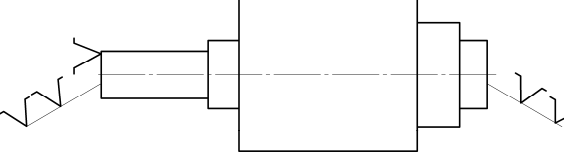
Теоретична схема базування вала з використанням центрових отворів та опорного торця не викликає похибки базування. У цьому випадку точність встановлення деталі залежить від точності форми та положення опорних центрів верстата та несучих поверхонь центрових отворів деталі. При несумісності осей конусів та похибці їх форми виникає неминучий неповний контакт поверхонь центрових отворів деталі та поверхонь центрів верстата, що призводить до утворення похибки форми деталі, що оброблюється. Для усунення вказаних похибок в ТП повинні передбачатися спеціальні операції притирки центрових отворів, особливо для валів, які підлягають об'ємному загартуванню.

У тепроцесі виготовлення вала передбачається схема базування на призмах на фрезерно-центрувальній та шпонково-фрезерних операціях. У першому випадку схема базування за допомогою самоцентруючих призм обумовлена необхідністю утворення в заготовці основних ТУБ (центрових отворів), які можна обробляти тільки при установці заготовки на циліндричні шийки (в патроні, в призмах або в інших опорах). При виконанні шпонково-фрезерної операції для виключення похибки базування заготовки можна було б встановити у центрах. Однак така схема

встановлення має низьку жорсткість і не знайшла широкого практичного застосування. Більш поширеною є схема встановлення на призмі. При базуванні вала на жорстких призмах положення його осі буде зміщуватись в напрямку площини симетрії призми.

Таким чином, практично на всіх технологічних операціях (окрім фрезерно-центрувальної та шпонково-фрезерних) використовуємо базування в центрах, що дозволяє забезпечити дотримання важливого в технології машинобудування принципу постійності баз. Схеми базування, які використовуються при обробці вала, подані в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Теоретичні схеми базування при обробці вала

№ ТО	Найменування операції	Теоретична схема базування
005	Фрезерно- центрувальна	
010	Токарна багаторізева	
015	Токарна багаторізева	
020	Токарна гідрокопіювальна	
025	Токарна гідрокопіювальна	

Продовження таблиці 2.4

№ ТО	Найменування операції	Теоретична схема базування
035	Круглоторцешліфувальна чорнова	
040	Круглоторцешліфувальна чорнова	
045	Шпонково-фрезерна	
050	Шпонково-фрезерна	
055	Круглоторцешліфувальна чистова	
060	Круглоторцешліфувальна чистова	
065	Полірувальна	

2.5. Вибір та обґрунтування засобів вимірювання

Вибір засобів вимірювання багато в чому залежить від типу виробництва. В умовах масового та великосерійного виробництв широко використовуються спеціальні і спеціалізовані засоби такі, як гладкі

граничні калібри тощо. Але незалежно від конструкції, вони повинні забезпечувати необхідну точність для коректного встановлення відповідності розмірів й інших параметрів обробленої деталі вимогам креслення. Для цього необхідно, насамперед, установити значення допустимих похибок вимірювання ($\Delta_{\text{доп}}$), які наводяться в ГОСТ 8.051-81. В стандарті містяться значення допустимих похибок вимірювань, установлені залежно від номінальних розмірів і допусків на виготовлення. Значення похибки встановлені для квалітетів *IT2-IT17* і номінальних розмірів до 500 мм.

При вимірюванні будь-яким засобом неможливо одержати абсолютно точне значення, оскільки за рахунок випадкових і неврахованих помилок результат виміру буде дещо відрізнятися від дійсного значення в більший або менший бік. Найбільше можливе значення цього відхилення називається граничною похибкою вимірювання ($\Delta_{\text{гран}}$). Гранична похибка вимірювань розглянутого засобу не повинна перевищувати допустиму, тобто повинна виконуватись умова $\Delta_{\text{гран}} < \Delta_{\text{доп}}$. Відомості про граничні похибки вимірювань різними вимірювальними засобами в різних умовах їх застосування наведені в РД 50-98-86.

Для настроювання вимірювальних засобів використовуємо установочні кінцеві міри 3 класу.

Відомості про використані у технологічному процесі засоби вимірювання зведені до табл. 2.5.

2.6. Розрахунок і призначення режимів різання

Розрахунок ведемо за допомогою комп'ютерної програми «REGIMREZ». Режими різання визначаються такими основними параметрами: глибиною різання t , подачею S і швидкістю різання V . Вихідними даними для вибору режиму різання є: дані про деталь, заготовку, а також про інструмент та спосіб установки деталі. Режимні параметри вибирають таким чином, щоб була забезпечена найбільша продуктивність обробки при найменшій собівартості даної технологічної операції. Ці вимоги можна досягти при роботі інструментом раціональної конструкції, різальна частина якого має найвигідніші марку інструментального матеріалу і геометрію, з максимальним використанням

режимних властивостей матеріалу інструмента і технологічних можливостей верстата.

Програма передбачає розрахунок оптимального режиму різання з урахуванням низки технічних обмежень [31], [13]. При призначенні елементів режимів різання враховують характер обробки, тип і розміри інструмента, матеріал його різальної частини, матеріал і стан заготовки.

Виконаємо розрахунок оптимальних режимів різання для операції 025 – токарна гідрокопіювальна.

На даній операції проводиться чорнове точіння циліндричних поверхонь деталі з глибиною 0,5 мм. На операції працює один різець (копіювальний супорт). Обробка ведеться з охолодженням. Верстат – токарний гідрокопіювальний напівавтомат мод. 1722. Верстат призначений для токарної обробки валів різної конфігурації в центрах методом копіювання. Потужність електродвигуна верстата $N_{\text{вер}} = 22$ кВт, коефіцієнт корисної дії $\eta = 0,85$, мінімальне та максимальне значення числа обертів шпинделя 71 та 1410 об/хв. відповідно. При розрахунках ураховуємо, що лімітуючим є діаметр $\varnothing 120r6$. Вихідні дані, підготовлені згідно рекомендаціям [52], та результати розрахунків наведені на рис. 2.4 та в таблиці 2.6.

Розрахуємо основний (машинний) час на операцію.

$$t_o = t_m = \frac{l_{p.x.}}{S_{xв.}},$$

де $l_{p.x.}$ - довжина робочого ходу, мм; $S_{xв.}$ - хвилинна подача, мм/хв.

У свою чергу $S_{xв.} = S_o \cdot n_{\phi}$.

Довжина робочого ходу визначається таким чином:

$$l_{p.x.} = l_{pиз.} + y = 250 + 2 + 5 + 10 + 3 = 270 \text{ мм.}$$

$$\text{Тоді } t_o = \frac{270}{0,26 \cdot 500} = 2,1 \text{ хв.}$$

Таблиця 2.5 – Засоби вимірювання

№ поверхні	Розмір, що контролюється	Допуск, мкм	$\Delta_{\text{доп.}}$, мкм	Вибраний засіб вимірювання	$\Delta_{\text{гран.}}$, мкм	Температурний режим, °С	Ізоляція від рук оператора
1, 12	500 _{-1,55}	1550	320	Штангенциркуль ШЦ-ІІ-250-630-0,1-1 ГОСТ 166-89	100	20	Ні
2, 8	$\varnothing 90_{\kappa 6}^{(+0,025}_{+0,003})$	22	6	Калібр-скоба 8113-0290 <i>k6</i> ГОСТ 16775-93	–	20±2	Так
3, 7	23 _{-0,32}	520	120	Штангенциркуль ШЦ-І-125-0,1 ГОСТ 166-89	100	20	Ні
5	42 _{-0,62}	620	140	Штангенциркуль ШЦ-І-125-0,1 ГОСТ 166-89	100	20	Ні
4	$\varnothing 100_{-0,87}$	870	180	Штангенциркуль ШЦ-І-125-0,1 ГОСТ 166-89	100	20	Ні
6	$\varnothing 120_{r 6}^{(+0,076}_{+0,054})$	22	6	Калібр-скоба 8113-0357 <i>r6</i> ГОСТ 16775-93	50	20	Так
10, 11	$\varnothing 80_{js6}(\pm 0,0095)$	19	5	Калібр-скоба 8113-0286 <i>js6</i> ГОСТ 16775-93	–	20±2	Так
7	147 _{-1,0}	1000	200	Штангенциркуль ШЦ-І-150-0,1 ГОСТ 166-89	100	20	Ні
3, 7	R1	–	–	Шаблон радіусний РШ-1 ГОСТ 4126-82	–	20	Ні
5, 9	R3,0	–	–	Шаблон радіусний РШ-1 ГОСТ 4126-82	–	20	Ні
2, 8, 6	Відхилення форми	5	1	Контрольні призми, стійка магнітна Scala 37937, індикатор 1 МИГ ГОСТ 969682.	1	20	Так
2, 3, 6, 7, 8, 10, 11	Просторові відхилення	12	5	Центри контрольні, стійка магнітна Scala 37937. Індикатор 1 МИГ ГОСТ 969682.	1	20±2	Так
13, 14 (шпонкові пази)	11 ^{+0,2} , 9 ^{+0,2} , 225 ^{+1,85} , 95 ^{+1,4}	200	40	Штангенциркуль ШЦ-І-125-0,02 ГОСТ 166-89	20	20	Ні
Просторові відхилення, 32Р9, 22Р9					Комплексний контроль		

Расчёт наивыгоднейших режимов резания при точении

Кафедра "Резания материалов и режущих инструментов"

© 1999 Виталий Пыжов

Деталь

Диаметр, мм Длина, мм Прогиб, мм

Коэффициент m_t

Режимы

Глубина резания t , мм Подача по шероховатости s , мм/об

Инструмент

Период стойкости Показатель степени при стойкости m

Державка ВхН x Толщина пластинки Угол в плане

Коэффициенты силы

C_{pr} K_{pr}

X_{pr} Y_{pr}

Коэффициенты скорости

C_v K_v

X_v Y_v

Наивыгоднейший режим резания

n , об/мин **500** V , м/мин **190,06** s , мм/об **0,26**

Рисунок 2.4 – До розрахунку режимів різання на ПК

Остаточно маємо такі режими різання: $t=0,5$ мм, $S=0,26$ мм/об, $n=500$ об/хв, $V=190$ м/хв.

Для решти операцій режими різання розраховуємо табличним методом [5] і наводимо в операційному технологічному процесі.

Таблиця 2.6 – Дані розрахунку оптимального режиму різання.

N	n	M	snp	sjp	snp	smn	sjd	sco	smc	scr	stex	sf	np
1	12.5	130000							20.262	29261995.383	0.270	0.26	3.250
2	16.0	130000							20.262	8516361.525	0.270	0.26	4.160
3	20.0	130000							20.262	2790641.344	0.270	0.26	5.200
4	25.0	130000							20.262	914437.356	0.270	0.26	6.500
5	31.5	130000							20.262	287939.492	0.270	0.26	8.190
6	40.0	130000							20.262	87207.542	0.270	0.26	10.400
7	50.0	130000							20.262	28576.167	0.270	0.26	13.000
8	63.0	124000							19.024	8998.109	0.270	0.26	16.380
9	80.0	97500							13.807	2725.236	0.270	0.26	20.800
10	100.0	78000							10.254	893.005	0.270	0.26	26.000
11	125.0	62000							7.550	292.620	0.270	0.26	32.500
12	160.0	49000							5.517	85.164	0.270	0.26	41.600
13	200.0	39000							4.069	27.906	0.270	0.26	52.000
14	250.0	31000							2.996	9.144	0.270	0.26	65.000
15	315.0	26000							2.370	2.879	0.270	0.26	81.900
16	400.0	20200							1.693	0.872	0.270	0.26	104.000
17	500.0	15400	8.409	12.341	0.426	6.568	176.877	0.270	1.179	0.286	0.270	0.26	130.000
18	630.0	12000							0.845	0.090	0.090	0.08	52.920
19	630.0	12000							0.845	0.090	0.090	0.08	52.920
20	800.0	9300							0.602	0.027	0.027	0.00	0.000
21	1000.0	7000							0.412	0.009	0.009	0.00	0.000
22	1250.0	5500							0.299	0.003	0.003	0.00	0.000
23	1600.0	4200							0.208	0.001	0.001	0.00	0.000
24	2000.0	3000							0.133	0.000	0.000	0.00	0.000

2.7. Нормування технологічних операцій

Розрахунок норми штучного часу для операції 025 – токарна гідрокопіювальна.

Розрахунок ведемо за [53].

Розрахунок штучного часу.

$$t_{\text{шт}} = (t_o + t_d) \cdot \left(1 + \frac{K}{100}\right),$$

де $t_o = t_m$ – основний (машинний час), хв.; t_d – допоміжний час, хв;
 $K = 6\%$ – час на обслуговування робочого місця та на природні потреби виконувача.

У нашому випадку $t_o = 2,1$ хв.

У свою чергу маємо, що допоміжний час $t_d = t_{d1} + t_{d2}$.

Час на установлення та зняття заготовки для випадку, коли деталь встановлена в центрах без хомутика (використовується двокулачковий самоповідковий патрон) дорівнює $t_{d1} = 0,34$ хв. Допоміжний час, пов'язаний з обробкою поверхні дорівнює:

$$t_{d2} = 0,53 \text{ хв.}$$

Повний допоміжний час на операцію, дорівнює:

$$t_d = 0,34 + 0,53 = 0,87 \text{ хв.}$$

Штучний час розраховуємо за формулою

$$t_{шт} = (2,1 + 0,87) \cdot 1,06 = 3,15 \text{ хв.}$$

Для решти технологічних операцій штучний час визначаємо аналогічним чином і використовуємо в технологічному процесі.

2.8. Уточнення типу виробництва

У дипломному проектуванні тип виробництва зручно визначати за допомогою коефіцієнта серійності K_c [32], який аналогічний коефіцієнту закріплення операцій і визначається за формулою

$$K_c = \tau / T_{шт.сер.},$$

де τ – такт роботи поточної лінії; $T_{шт.сер.}$ – середній штучний час за технологічним процесом, хв.

Такт (хв) визначається за формулою:

$$\tau = \frac{60 \cdot \Phi_{д.}}{N_{р.}},$$

де $\Phi_{д.}$ – дійсний річний фонд роботи обладнання, год.; $N_{р.}$ – річна програма випуску виробів, шт.

Середній штучний час (хв) визначається як:

$$T_{шт.сер.} = \frac{1}{i} \cdot \sum T_{шт.i},$$

де i – число технологічних операцій.

Таким чином, маємо, що

$$K_c = \frac{60 \cdot \Phi_{д.}}{T_{шт.сер.} \cdot N_{р.}}.$$

Визначаємо середній штучний час:

$$\sum T_{шт.i} = 1,5 + 2,25 + 2,25 + 3,15 + 3,15 + 1,5 + 2,0 + 8,0 + 6,5 + 1,0 + 1,25 + 1 = 31,45 \text{ хв.}$$

Тоді

$$T_{шт.сер.} = \frac{31,45}{12} = 2,6 \text{ хв.}$$

При двозмінній роботі можна прийняти, що $\Phi_{д.} \approx 4015$ год. Точне значення $\Phi_{д.}$ треба визначати за календарем.

Остаточно маємо, що

$$K_c = \frac{60 \cdot 4015}{2,8 \cdot 21000} = 4,1.$$

Оскільки значення коефіцієнта серійності знаходиться в межах $1 < K_c \leq 10$, остаточно робимо висновок, що тип виробництва великосерійний.

2.9. Опис та обґрунтування планування ділянки

Розрахункові дані наведено в таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 – Розрахунок кількості обладнання

№ ТО	Технологічна операція	$T_{шт}$, хв.	n_p , шт.	n_{ϕ} , шт.	η
1	2	3	4	5	6
005	Фрезерно-центрувальна	1,5	0,14	1	0,14
010	Токарна багаторізева	2,25	0,20	1	0,20
015	Токарна багаторізева	2,25	0,20	1	0,20
020	Токарна гідрокопіювальна	3,15	0,27	1	0,27
025	Токарна гідрокопіювальна	3,15	0,27	1	0,27
030	Термічна	-	-	1	-
035	Круглоторцешліфувальна чорнова	1,5	0,14	1	0,14
040	Круглоторцешліфувальна чорнова	2,0	0,20	1	0,20
045	Шпонково-фрезерна	8,0	0,8	1	0,8
050	Шпонково-фрезерна	6,5	0,60	1	0,60
055	Круглоторцешліфувальна чистова	1,0	0,10	1	0,10
060	Круглоторцешліфувальна чистова	1,25	0,03	1	0,03
065	Полірувальна	1,00	0,06	1	0,06
070	Слюсарна	-	-	-	-
075	Мийна	-	-	-	-
080	Контрольна	-	-	-	-

Розрахункова кількість верстатів визначається за формулою

$$n_p = \frac{T_{шт.}}{\tau},$$

де $T_{шт.}$ – штучний час на операцію; τ – такт роботи поточної лінії, хв.

Такт роботи лінії становить $\tau = 11,47$ хв.

Коефіцієнт завантаження верстата визначимо за формулою

$$K_3 = \frac{n_{p.}}{n_{ф.}},$$

де $n_{p.}$ – розрахункова кількість верстатів; $n_{ф.}$ – фактична (прийнята) кількість верстатів.

Загальна кількість верстатів за техпроцесом становить 12 шт. Середній коефіцієнт їх завантаження розраховується за формулою

$$K_{з\,с\,р.} = \frac{\sum n_{p.}}{\sum n_{ф.}}.$$

В нашому випадку вона дорівнює

$$K_{з\,с\,р.} = \frac{3,1}{12} = 0,26.$$

Діаграма завантаження обладнання наведена на рисунку 2.5.

Планування ділянки виконуємо в масштабі 1:100 і починаємо з нанесення сітки колон. Приймаємо сітку колон 12x18 м і розмір колони 0,4x0,6 м.

Характерні відстані між стінками: для дрібних верстатів – 0,7 м, для середніх – 0,9 м, для великих – 1,5 м.

При багатOVERстатному обслуговуванні треба приймати стандартну відстань між малими і середніми верстатами – 1,5 м, між великими – 1,8 м.

Відстань від найбільш виступаючої частини верстата до транспортної лінії не менше 0,8 м, до межі ділянки – не менш 0,4 м.

По всій ділянці до верстатів, де є необхідність у збиранні стружки, проходить підземний канал для транспортування стружки. У кожного робочого місця (при багатOVERстатному обслуговуванні один чи кілька верстатів) є люки для збирання стружки. Канал виходить на центральний пункт транспортування стружки всього цеху до місця збору стружки. У міру накопичення стружка вивозиться автотранспортом до місця її переробки.

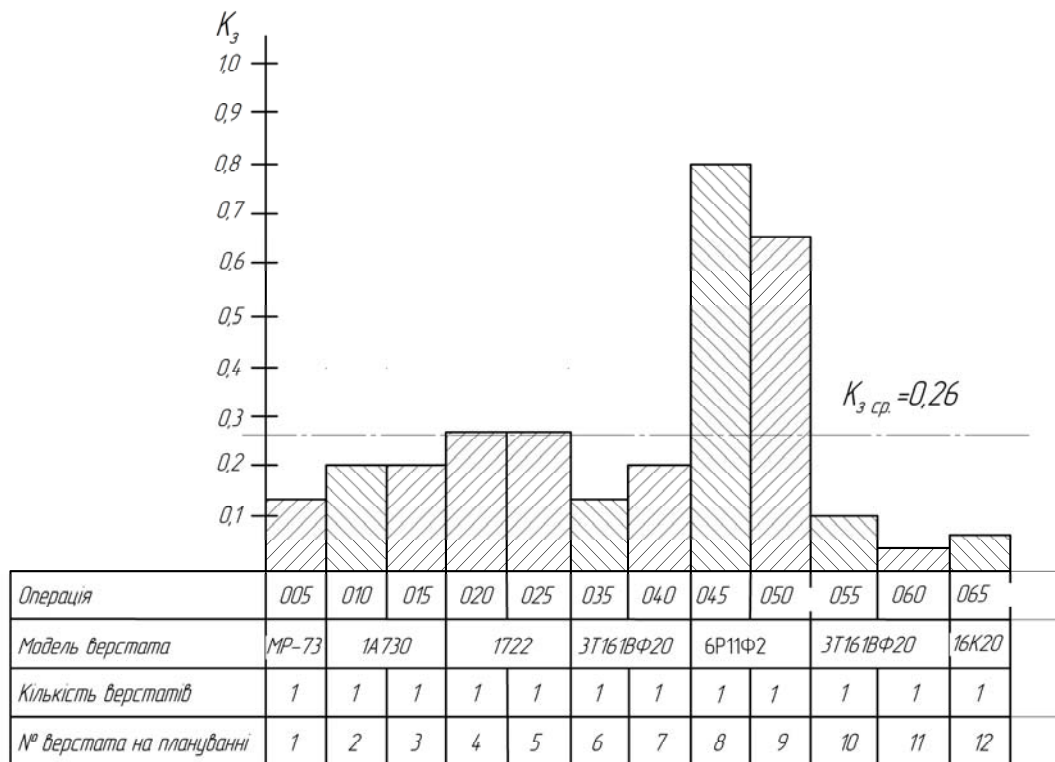


Рисунок 2.5 – Діаграма завантаження обладнання

До ділянки підведене стиснуте повітря тиском 1 МПа.

Ділянка обмежена з двох боків проїздами шириною 4,5 м.

Біля верстатів з тривалим циклом технологічних операцій передбачають додаткові ділянки для складування заготовок.

Згідно з санітарними правилами для механічних цехів (обробка металів різанням) маса вантажу, що піднімається і переміщуваного верстатником вручну, постійно протягом робочої зміни (заготовки, пристосування та ін.) не повинна перевищувати для чоловіків 20 кг, для жінок – 10 кг.

Оскільки в нашому випадку і заготовка і деталь важчі за ці норми, то з місця збереження заготовок останні подаються на рольганг транспортним робітником і далі по ходу техпроцесу за допомогою тельферів з рольгангу на верстати. Після полірувальної операції деталі переходить на слюсарний стіл, потім проходять через мийну машину і попадають на контрольний стіл ВТК. Перевірені придатні деталі відправляють на місце розташування готових деталей, відкідля вони транспортуються на складальну ділянку.

Усі дані, отримані при плануванні ділянки, заносимо до табл. 2.8.

Таблиця 2.8 – Показники, отримані при плануванні ділянки

Показник	Значення
Довжина ділянки, м	39
Ширина ділянки, м	18
Виробнича площа, м ²	702
Питома площа на один верстат, м ²	58,5
Кількість виробничих робітників	24
Загальний штат ділянки	36
Кількість верстатів на ділянці	12
Середній коефіцієнт завантаження устаткування	0,22

Організація робочого місця робітника-верстатника. Робоче місце верстатника являє собою частину виробничої площі, яка оснащена устаткуванням, інструментом, пристосуваннями і використовується робітником чи групою робітників для виконання визначеної частини технологічного процесу.

Правильно організоване робоче місце сприяє поліпшенню якості деталей, що обробляються, підвищенню продуктивності праці, приводить до зниження собівартості продукції. Тому раціональна організація робочого місця є необхідною умовою високопродуктивної роботи.

При плануванні робочого місця стелажі, шухляди з заготовками і пристроями, тумбочки з інструментом варто встановлювати як можна ближче до верстата, але так, щоб вони не заважали роботі. Заготовки розміщують на стелажах так, щоб їх можна було укласти і брати без зайвих рухів. Готові деталі необхідно складати на стелажі чи в тару для подальшої передачі їх на транспортну лінію. Різальні та вимірювальні інструменти, а також пристосування, якими часто користується робітник під час роботи, повинні знаходитися від нього ближче, чим предмети, які застосовуються рідше. Інструменти, пристрої, що не потрібні під час роботи, варто зберігати в інструментальній шафі. Точні інструменти, а також вимірювальний інструмент, щоб уникнути ушкоджень, зберігають

на дерев'яних підкладках. Для зберігання технічної документації використовують планшети.

Велике значення має чистота робочого місця. Цьому значною мірою сприяє можливість здійснювати утилізацію стружки через люки, зв'язані з конвеєром для транспортування стружки.

Верстатник повинен знати і дотримуватись вимог інструкцій і правил техніки безпеки. Також повинні бути налагоджені системи освітлення і, якщо необхідно, то місцева вентиляція.

На рисунку 2,6 як приклад наведено організацію робочого місця шліфувальника на операції 035 «Круглоторцешліфувальна чорнова».

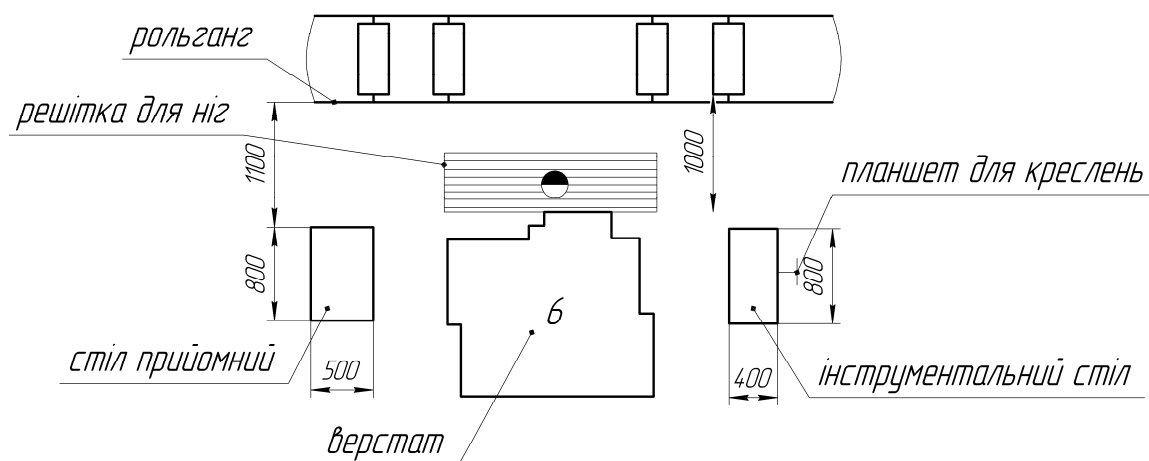


Рисунок 2.6 – Організація робочого місця шліфувальника

Заходи щодо техніки безпеки й охороні праці на дільниці. При плануванні дільниці повинні бути витримані усі відстані, які встановлюються безпекою роботи.

У потрібних місцях повинні бути встановлені огороження і попереджувальні плакати.

При роботі на верстатах необхідно дотримуватися таких правил:

- 1) не працювати в рукавичках;
- 2) мати захисні окуляри;
- 3) не забирати стружку руками;

4) не робити контрольних вимірів при незакінченому процесі обробки;

5) при несправності устаткування треба звертатися до майстра.

Кожен робітник повинен проходити інструктаж з техніки безпеки на робочому місці.

При роботі на шліфувальних верстатах необхідно:

1) здійснювати постійний контроль за станом шліфувального круга;

2) шліфувальний круг, знову встановлений на верстат, повинен бути обраний з партії, яка успішно пройшла перевірку на міцність;

3) перед установкою на верстат круг оглядається наладчиком;

4) після установки на верстат круг декілька хвилин повинен проробити без різання;

5) робітник повинен знаходитися осторонь від площини обертання круга на деякій відстані;

6) на верстаті обов'язкова наявність захисних щитків.

Навколо слюсарного верстака і навколо електрошкафів потрібно установити сіткове загородження для попередження нещасних випадків.

Робітники повинні знати і дотримуватись правил техніки безпеки, для цього вони повинні один раз на рік проходити інструктаж з техніки безпеки.

3. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1. Розрахунок і проектування спеціального верстатного пристосування

Описання конструкції і принципу роботи пристосування.

Проектування верстатного пристосування являє собою частину робіт з технологічної підготовки виробництва [1], [7], [8]. В розробленому техпроцесі виготовлення вала в умовах великосерійного виробництва присутні дві шпонково-фрезерні операції (045 та 050) з фрезерування двох шпонкових пазів. Операції виконуються на верстатах з ЧПК моделі 6P11Ф2. На операції 045, яка прийнята за основу при розрахунках, фрезерується більший паз (32P9). Використовуються спеціальні шпонкові фрези Ø32 з пластинками з твердого сплаву ВК8. Схема обробки маятникова.

Пристосування призматичного типу призначено для установки і закріплення заготовки на верстаті. Посадкове місце верстата для пристосування – стіл та Т-подібні пази. Вал знаходиться в нерухомому стані за рахунок силового пневмоциліндра. Як технологічні установлювальні баз використовуються циліндричні поверхні під підшипники кочення (значення за кресленням Ø90к6) та торець вала, зв'язаний з пазом лінійним розміром 20 мм (рис. 1.2).

Поверхні, що сприймають зусилля затиску, – циліндрична поверхня, яка за кресленням має розмір Ø120 r6. Посадочне місце верстата для пристосування – стіл та класний Т-подібний паз.

Для установлення та закріплення заготовки на цій операції спроектовано спеціальне пневматичне верстатне пристосування призматичного типу. При цьому деталь має бути зорієнтована згідно з теоретичною схемою базування, наведеною в операційному ескізі технологічного процесу. Теоретична схема базування заготовки наведена на рис. 3.1.

Як видно з рис. 3.1, використовується спрощена схема базування, яка має таку формулу:

$$2 + 2 + 1 = 5,$$

де 2 + 2 – подвійна направляюча ТУБ; 1 – упорна ТУБ.

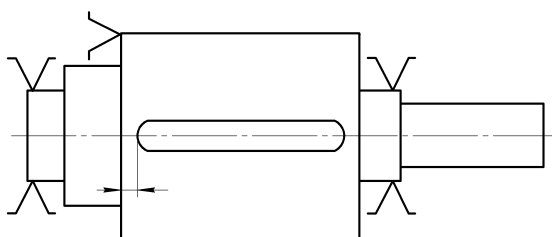


Рисунок 3.1 – Теоретична схема базування заготовки

Шостий ступінь свободи (поворот заготовки навколо власної осі) позбувається після накладення зусилля закріплення. Використовуємо пристосування призматичного типу з пневмозатиском заготовки за допомогою клиноважильного механізму. Принципова схема пристосування зображена на рис. 3.2.

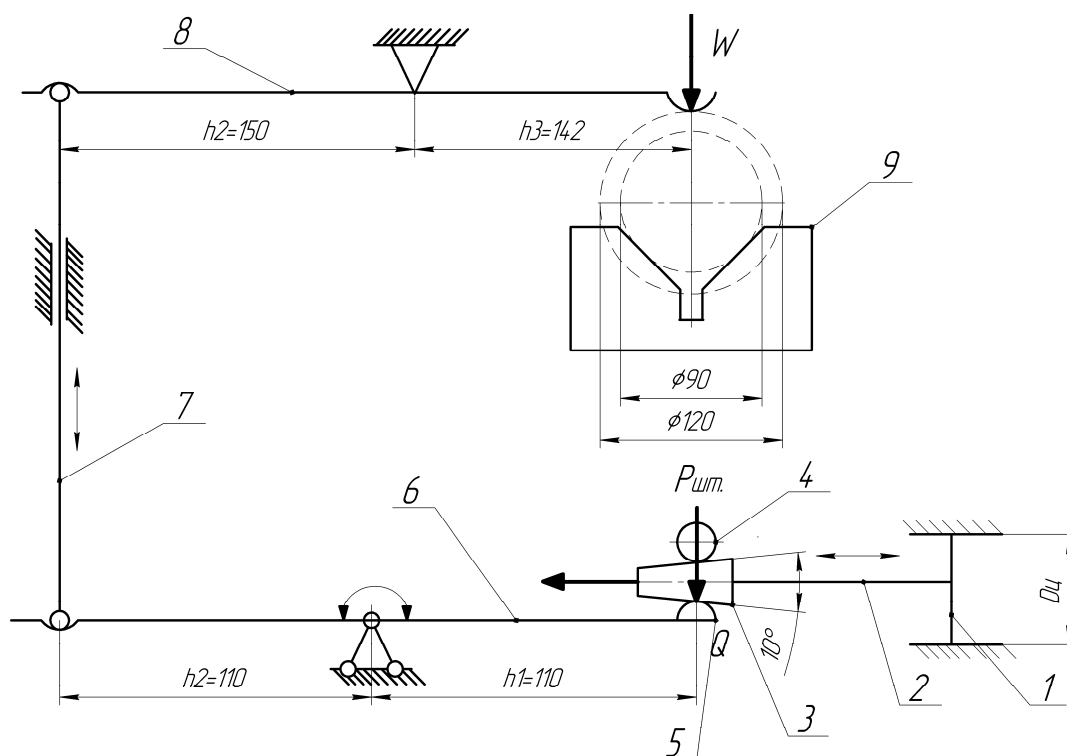


Рисунок 3.2 – Принципова схема пристосування:

1 – пневмоциліндр; 2 – шток ; 3 – клин; 4 – нерухомий ролик; 5 – рухомий ролик; 6 – коромисло; 7 – штовхач; 8 – важіль; 9 – призма

Схема передачі зусилля від пневмоциліндра до заготовки зображена на рис. 3.3.

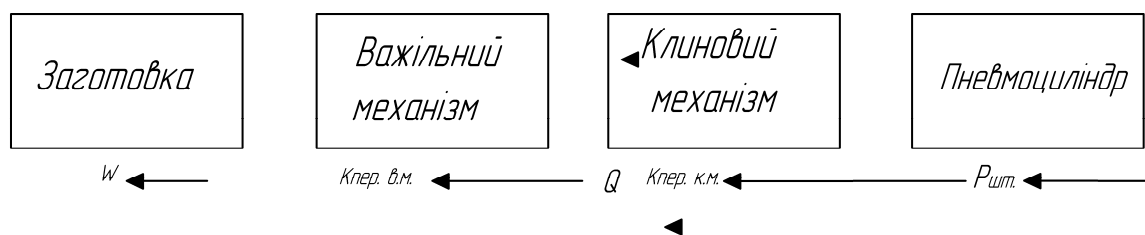


Рисунок 3.3 – Схема передачі зусилля від пневмоциліндра до заготовки

Таким чином передача зусилля від штока пневмоциліндра ($P_{шт}$) до заготовки (W) відбувається за допомогою клинового та важільного механізмів.

$$W = P_{шт} \cdot K_{пер. к.м.} \cdot K_{пер. в.м.},$$

де $K_{пер. к.м.}$ – передаточне відношення клинового механізму. При куті клину $\alpha/2 = 5^\circ$ $K_{к.м.} = 7,0$ [9]; $K_{пер. в.м.}$ – передаточне відношення важільного механізму.

У нашому випадку:

$$K_{в.м.} = \frac{h_1}{h_2} \cdot \frac{h_3}{h_4},$$

де h_1, h_2 – плечі коромисла; h_3, h_4 – плечі важеля.

Тоді маємо, що $K_{в.м.} = \frac{110}{110} \cdot \frac{150}{142} = 1,06$. Тоді загальне передаточне

відношення клиноважільного механізму дорівнює: $K_{пер.} = 7 \cdot 1,06 = 7,42$.

Пристосування працює таким чином: після подачі стисненого повітря до пневмоциліндра 1, шток 2 за допомогою клина 3 взаємодіє з нерухомим 4 та рухомим 5 роликками. Рухомий ролик механічно пов'язаний з коромислом 6 і передає на нього зусилля Q . Коромисло 6 товкає товчач 7, який у свою чергу діє на важіль 8. Унаслідок цього відбувається затиск зусиллям W заготовки, встановленої на призмах 9.

3.2 Силовий розрахунок пристосування

Метою розрахунку є визначення діаметра пневмоциліндра, який при даній величині тиску стисненого повітря забезпечить необхідне значення зусилля затиску заготовки (рис. 3.2).

Розглянемо можливі гіпотези розкріплення заготовки.

Гіпотеза 1. Прокручення заготовки у призмі під дією головної складової сили P_z (рис. 3.4). Силу затиску при цьому позначимо як $W = W_1$. Приймаємо цю гіпотезу як робочу.

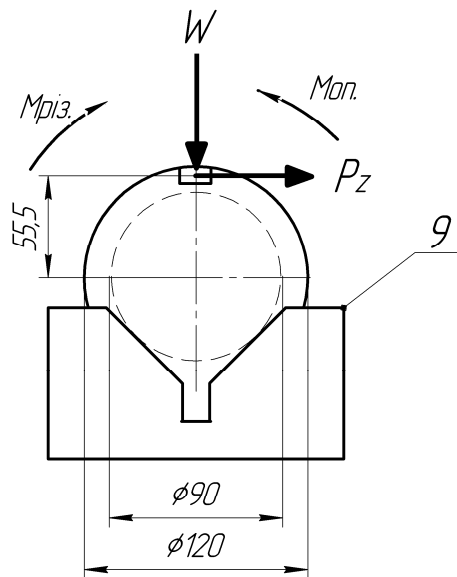


Рисунок 3.4 – Схема сил, які діють на заготовку

Гіпотеза 2. Зсув заготовки вздовж її осі під дією складової сили різання $P_{ос}$. Силу затиску при цьому позначимо як $W = W_2$. Оскільки схема обробки маятникова, цю гіпотезу приймаємо також як робочу.

Гіпотеза 3. Перекидання заготовки під дією складової сили різання P_v . Силу затиску при цьому позначимо як $W = W_3$. В нашому випадку відсутній перекидний момент, тому цю гіпотезу відкидаємо.

Розрахунок ведемо з урахуванням наявних рекомендацій [34].

Вихідними даними [52] є: глибина різання $t = 0,4$ мм, подача на зуб фрези $S_z = 0,18$ мм/зуб, частота обертання шпинделя $n = 240$ об/хв, швидкість різання $V = 18$ м/хв. Оброблювальний матеріал – сталь 40Х. Обробка ведеться шпонковою фрезою $\varnothing 32$ з твердого сплаву ВК8+TiN.

Загальне рівняння рівноваги заготовки (рівняння моментів) має вигляд [7], [8], [9], [12], [34], [35], [37], [38]:

$$M_{різ.} \cdot K \leq M_{оп.},$$

де $M_{різ.}$ – момент різання; K – коефіцієнт запасу міцності;

$M_{оп.}$ – момент опору.

Після перетворення рівняння моментів у силовий вираз з подальшим розкриттям маємо:

$$W_1 = \frac{2 \cdot P_z \cdot h \cdot K}{f \cdot (\sin \alpha + 1) \cdot d} \text{ (гіпотеза 1);}$$

$$W_2 = \frac{P_{ос} \cdot K}{f \cdot (\sin \alpha + 1)} \text{ (гіпотеза 2),}$$

де P_z – головна складова сили різання, Н; $d = 90$ – діаметр ступеня, за яким здійснюється базування, мм; h – плече сили P_z , мм; $f = 0,16$ – коефіцієнт тертя в місці закріплення заготовки; $\sin \alpha = 45^\circ$ – кут нахилу призми; $P_{ос.}$ – осьова складова сили різання, Н.

Для розрахунку сил затиску Q_1 та Q_2 необхідно знати значення складових сил різання P_z , $P_{ос.}$. При цьому слід мати на увазі, що $P_{ос.}$ визначається у відсотковому відношенні до P_z [52].

Згідно з [52] сила P_z визначається за формулою

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{MP},$$

де C_p , K_{MP} – коефіцієнти; $t = 0,4$ – глибина різання, мм; $S_z = 0,2$ – подача на зуб, мм/зуб; $B = 32$ – ширина поверхні, що оброблюється, мм; $Z = 2$ – кількість зубів фрези, шт.; $D = 32$ – діаметр фрези, мм; $n = 240$ – частота обертання фрези, об./хв.

У нашому випадку маємо, що $C_p = 12,5$;

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_{\epsilon}}{750} \right)^n = \left(\frac{980}{750} \right)^{0,3} = 1,3; \quad x = 0,85; \quad y = 0,75; \quad u = 1; \quad q = 0,73; \quad w = -0,13.$$

Тоді:

$$P_z = \frac{10 \cdot 12,5 \cdot 0,4^{0,85} \cdot 0,2^{0,75} \cdot 32^1 \cdot 2}{32^{0,73} \cdot 240^{-0,13}} \cdot 1,3 \approx 232 \text{ Н.}$$

Згідно з рекомендаціями [52] $P_{oc} = P_h \approx 0,35 P_z$. Тоді
 $P_{oc} = 0,35 \cdot 232 = 81,2$ Н.

Визначаємо коефіцієнт запасу міцності K за формулою:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6,$$

де $K_0 = 1,5$ – гарантований коефіцієнт запасу; $K_1 = 1$ – коефіцієнт, який характеризує стан поверхні заготовки; $K_2 = 1,6$ – коефіцієнт, що враховує затушення інструменту; $K_3 = 1,2$ – коефіцієнт, що враховує уривчастість різання; $K_4 = 1$ – коефіцієнт, що враховує сталість затиску; $K_5 = 1$ – коефіцієнт, що враховує ергономічність ручних затискних механізмів; $K_6 = 1$ – коефіцієнт, що враховує наявність моментів провороту заготовки.

У нашому випадку

$$K = 1,5 \cdot 1 \cdot 1,6 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 2,88.$$

Тоді остаточно маємо:

$$W_1 = \frac{2 \cdot 232 \cdot 0,056 \cdot 2,88}{0,16 \cdot (\sin 45^\circ + 1) \cdot 0,060} = 4567 \text{ Н.}$$

$$W_3 = \frac{81,2 \cdot 2,88}{0,16 \cdot (\sin 45^\circ + 1)} = 856 \text{ Н.}$$

Для подальших розрахунків приймаємо $Q_{\max} = Q_1 = 4567$ Н.

Визначимо силу W , яку має забезпечити затискний пристрій. Шток силового приводу штовхачої дії безпосередньо впливає на прихоплювач. У нашому випадку маємо

$$P_{шт} = \frac{W}{K_{пер.}}, \text{ або: } P_{шт} = \frac{4567}{7,42} = 615,5 \text{ Н.}$$

Розраховуємо діаметр пневмоциліндра $D_{ц}$ за формулою

$$D_{ц} = \sqrt{4 \left(\frac{Q_{\max}}{K_{пер.} \cdot \eta \cdot p_{ст.п.} \cdot \pi} \right)},$$

де $p_{ст.п.}$ – тиск стисненого повітря, МПа; η – коефіцієнт корисної дії пневмоциліндра.

$$D_{ц} = \sqrt{4 \cdot \frac{4567}{7,4 \cdot 0,85 \cdot 4 \cdot 10^5 \cdot 3,14}} = 0,048 \text{ м}$$

Згідно з конструктивними міркуваннями приймаємо нормалізований пневмоциліндр $D_{\text{ц}} = 80 \text{ мм}$ ($d_{\text{шт}} = 25 \text{ мм}$). Він має штовхаюче дійсне зусилля $P_{\text{шт.д.}} = 1750 \text{ Н}$ [34].

Дійсне значення зусилля затиску заготовки визначаємо за формулою

$$Q_{\text{max}} = P_{\text{шт}} \cdot K_{\text{пер}}$$

$$Q = 1750 \cdot 7,4 = 12950 \text{ Н.}$$

3.3. Розрахунок пристосування на точність

Зробимо розрахунок пристосування для шпонково-фрезерної операції при виконанні розміру $A_1 = 109,1_{-0,227}^{+0,070}$.

Мінімальна умова забезпечення точності обробки з застосуванням пристосування має вигляд [34]:

$$[\varepsilon_y] \leq K_y \cdot T,$$

де K_y – коефіцієнт посилення точності ($K_y = 0,5 - 0,8$); $[\varepsilon_y]$ – гранична похибка установа заготовки.

У нашому випадку $[\varepsilon_y] = 0,7 \cdot 0,157 = 0,110 \text{ мм}$.

Розрахункова величина похибки ε_y визначається за залежністю:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{\text{пр}}^2},$$

де $\varepsilon_6, \varepsilon_3, \varepsilon_{\text{пр}}$ – являють собою похибки базування, закріплення і пристосування відповідно.

Складові похибки установки $\varepsilon_6, \varepsilon_3, \varepsilon_{\text{пр}}$ являють собою поля розсіювання випадкових величин. З достатньою достовірністю можна прийняти, що їх розподіл підпорядковується нормальному закону. Тоді похибка установки ε_y визначається як сумарне поле розсіювання і являє собою випадкову величину, яка також підпорядковується нормальному закону.

Для випадку встановлення заготовки в призмі похибка базування визначається з виразу [52]

$$\varepsilon_6 = 0,5 \cdot T_d \cdot \left(\frac{1}{\sin \alpha} - 1 \right),$$

де Td – допуск на базовий діаметр вала, мм; α – кут призми.

У нашому випадку допуск базових шийок вала після чорнового шліфування $Td = 0,054$ мм, а $2\alpha = 90^\circ$. Тоді маємо, що:

$$\varepsilon_6 = 0,5 \cdot 0,054 \cdot \left(\frac{1}{\sin 45^\circ} - 1 \right) = 0,0112 \text{ мм}$$

При використанні пневматичного затискача ($Q = \text{const}$) похибка закріплення дорівнює нулю, тобто $\varepsilon_3 = 0$. Похибка пристосування визначається з виразу:

$$\varepsilon_{\text{пр}} = \sqrt{(\varepsilon_{\text{виг}}^2 + \varepsilon_{\text{зн}}^2 + \varepsilon_{\text{пол}}^2)},$$

де $\varepsilon_{\text{виг}}$, $\varepsilon_{\text{зн}}$, $\varepsilon_{\text{пол}}$ – похибки виготовлення, зносу і положення пристосування відповідно.

Похибку виготовлення пристосування рекомендується приймати з виразу

$$\varepsilon_{\text{виг}} = \left(\frac{1}{2} \div \frac{1}{5} \right) \cdot T_{\text{дет}},$$

де $T_{\text{дет}} = 0,157$ мм – допуск на розмір, що виконується, мм.

У нашому випадку приймемо:

$$\varepsilon_{\text{виг}} = \frac{1}{3} \cdot T_{\text{дет}} = \frac{0,157}{3} = 0,052 \text{ мм.}$$

Допустимий знос $\varepsilon_{\text{зн}}$ приймають рівним величині $\varepsilon_{\text{виг}}$, тобто $\varepsilon_{\text{зн}} = 0,052$ мм.

Похибка положення визначається похибкою використовуваних вимірювальних засобів і зазвичай заходиться в межах: $\varepsilon_{\text{пол}} \approx 0,005 - 0,1$ мм.

Приймаємо, що $\varepsilon = 0,01$ мм.

Тоді

$$\varepsilon_{\text{пр}} = \sqrt{(0,052^2 + 0,052^2 + 0,01^2)} = 0,074 \text{ мм.}$$

Або остаточно

$$\varepsilon_y = \sqrt{(0,0112^2 + 0 + 0,074^2)} = 0,075 \text{ мм.}$$

Таким чином, умова точності виконується ($0,075 \leq 0,110$ мм).

Визначимо період нормальної експлуатації пристосування (або його установлювальних елементів), враховуючи, що накоплений знос U в загальному випадку дорівнює:

$$U = \beta \sqrt{N},$$

де β – коефіцієнт інтенсивності зносу, що залежить від виду контакту і типу опори; N – число контактів заготовок з опорою протягом терміну її експлуатації.

Інтенсивність зносу опорних елементів зростає при зменшенні площі їх контакту, при наявності на базовій поверхні заготовки слідів ливарного піску й окалини (якщо має місце «протягування» заготовки на опорах). Значення β наводяться в довідниках. Так для опор з сферичною головкою $\beta = 0,5 \div 2$; при установці на циліндричні пальці $\beta = 0,05 \div 0,1$; при установці на зрізані ромбічні пальці $\beta = 0,02 \div 0,06$; при установці на призму $\beta \approx 1$ і т.д. Таким чином, можна записати, що допустиме число контактів заготовки з пристосуванням дорівнює

$$N = \frac{[U^2]}{\beta^2} = \frac{\varepsilon_{\text{зн}}^2}{\beta^2}.$$

Для нашого прикладу маємо:

$$N = \frac{74^2}{1,0} = 5496 \text{ шт.}$$

При річній програмі $N_{\text{річ}} = 21000$ шт. кількість пристосувань $i = 1$.

Період (n) експлуатації пристосування буде дорівнювати:

$$n = \frac{12_{\text{місяців}} \cdot N}{N_{\text{річ}} \cdot i} = \frac{12 \cdot 5496}{21000 \cdot 1} = 3,1 \text{ місяця.}$$

3.4. Розрахунок найбільш небезпечних елементів пристосування на міцність

Найбільш небезпечні елементи пристосування треба перевіряти на міцність. Зробимо розрахунок з'єднання «різьбовий кінець шпильки – гайка» на міцність (рис. 3.5, 1 – шток пневмоциліндра; 2 – прихоплювач; 3 – гайка; 4 – контргайка).

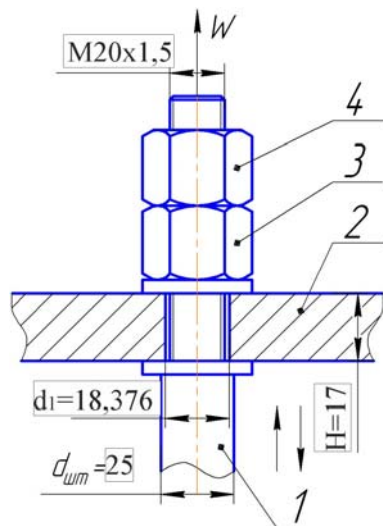


Рисунок 4.5-Розрахункова схема

Це з'єднання передає на прихоплювач зусилля, що розвивається силовим приводом. Відомо, що вихід з ладу болтів і гвинтів зазвичай відбувається унаслідок розриву їх стержня по різьбленню або по перехідному перерізу головки, або в результаті руйнування чи пошкодження різьби. Шпильки вибувають з ладу внаслідок розриву їх стержня по різьбленню, пошкодження або руйнування різьблення [23], [25].

Оскільки розміри стандартних болтів, гвинтів і шпильок відповідають умові їх рівномірності за зазначеними критеріями, то їх розрахунок зазвичай проводиться за одним основним критерієм працездатності – міцністю нарізаної частини їх стержня. З розрахунку стержня на міцність визначають номінальний діаметр різьблення болта. Довжину болта приймають залежно від товщини з'єднуваних їм деталей. Решту розмірів болта, а також розміри гайки приймають залежно від діаметра різьблення за ГОСТ.

У нашому випадку можна вважати (як варіант), що різьблення навантажене осьовою розтягувальною силою; попередні і подальші затягування відсутні (з'єднання ненапружене). Такий випадок зустрічається порівняно рідко. До болтів цієї категорії зазвичай належать ті з них, які знаходяться під дією сил тяжіння. Характерним прикладом даного випадку може служити різьбовий кінець вантажного крюка вантажопідіймальної машини. Умова міцності в даному випадку має вигляд:

$$\sigma_p = \frac{4W}{\pi \cdot d_1^2} \leq [\sigma_p],$$

де σ_p – розрахункова напруга розтягування в поперечному перерізі нарізаної частини різьбової деталі, МПа; $W = 615$ – сила, що розтягує

різьбове з'єднання, Н; $d_1 = 18,376$ – внутрішній діаметр різьблення, мм;
 $[\sigma_p] = 220$ – допустима напруга на розтягування (сталь 45), МПа.

Підставляючи значення параметрів у вираз, наведений вище, отримаємо:

$$\sigma_p = \frac{4 \cdot 615}{\pi \cdot (18,376 \cdot 10^{-3})^2} = 2,3 \text{ МПа} \leq [\sigma_p] = 220 \text{ МПа}.$$

Таким чином, умова міцності виконана.

Природно, що розглянутими прикладами розрахунки найбільш небезпечних елементів верстатного пристосування не вичерпуються.

ВИСНОВКИ

У висновках викладаються найбільш важливі результати здобуті при виконанні всіх розділів дипломного проекту, які сприяли розв'язанню поставленого завдання. У висновках необхідно наголосити на кількісних показниках одержаних результатів та обґрунтуванні достовірності результатів. Бажано сформулювати рекомендації щодо можливого практичного використання одержаних результатів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Ансеров М.А., Приспособления для металлорежущих станков / М.А. Ансеров. – М.: Машиностроение, 1966. – 652с.
- [2] Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя Т.1 / В.И. Анурьев. – М.: Машиностроение, 2001. – 920с.
- [3] Анухин В.И. Допуски и посадки. Выбор и расчет, указания на чертежах. Учебное пособие / В.И. Анухин. –СПб.: Изд-во СПбГТУ, 2001. - 219с.
- [4] Балабанов А.Н. Технологичность конструкций машин / А.Н. Балабанов. – М.: Машиностроение, 1987. – 336 с.
- [5] Барановский Ю.В. Режимы резания металлов. Справочник / Ю.В. Барановский и др. –М.: Машиностроение, 1972. -407с.
- [6] Белкин И.М. Допуски и посадки (Основные нормы взаимозаменяемости). Учебное пособие / И.М. Белкин. –М.: Машиностроение, 1992. -528с.
- [7] Белоусов А.П., Проектирование станочных приспособлений / А.П. Белоусов. – М.: Машиностроение, 1974. – 240с.
- [8] Болотин Х.Л., Механизация и автоматизация станочных приспособлений / Х.Л. Болотин. – М.: Машиностроение, 1962. – 288с.
- [9] Вардашкин Б. Н. Станочные приспособления: Справочник Том 1 / Б.Н. Вардашкин, А. А. Шатилова и др. -М.: Машиностроение. 1984.-591 с.
- [10] Ганин Н.Б. Проектирование в системе КОМПАС-3D V11 + DVD. Учебное пособие / Н.Б. Ганин. – М.: ДМК, 2010. - 775с.
- [11] Гинзбург Е.Г. Типовые технологические процессы изготовления зубчатых колес / Е.Г. Гинзбург, А. В. Шаманин – М.: Машгиз, 1958. – 127с.
- [12] Горошкин А.К. Приспособления для металлорежущих станков / А. К. Горошкин. М.: -Машиностроение. 1971. – 384с.
- [13] Грабченко А.И. Типовые методические рекомендации по использованию ЭВМ при расчете оптимальных режимов резания для операций «точения, сверления, фрезерования» / А.И. Грабченко, И.Н. Пыжов и др. // – Киев:, УМК ВО, 1988. -44с.
- [14] Гузенков П.Г. Детали машин. Учебник для вузов / П.Г. Гузенков. – М. «Высш. школа», 1975.-464с.

[15] Гусев А. А. Технология машиностроения (специальная часть): Учебник для машиностроительных специальностей вузов / А.А. Гусев, Е.Р. Ковальчук, И.М. Колесов и др. – М: Машиностроение, 1986. -480 с.

[16] Детали машин: Атлас конструкций: Учебное пособие для студентов машиностроительных специальностей вузов. В 2-х ч. Ч. 1 / Б. А. Байков, В. Н. Богачев, А. В. Буланже и др. Под общ. ред. Д.Н. Решетова. — 5-е изд. — М.: Машиностроение, 1992. — 352 с.

[17] Детали машин: Атлас конструкций: Учебное пособие для студентов машиностроительных специальностей вузов. В 2-х ч. Ч. 2 / Б. А. Байков, В. Н. Богачев, А. В. Буланже и др. Под общ. ред. Д.Н. Решетова. — 5-е изд. — М.: Машиностроение, 1992. — 296 с.

[18] Дунаев П.Ф. Расчет допусков размеров / П. Ф Дунаев, О. П. Леликов. – М.: Машиностроение, 1981. – 189 с.

[19] Егоров М.Е. Технология машиностроения / М. Е. Егоров, В. И. Дементьев, В. Л. Дмитриев. Учебник. – 2-е изд., доп. – М.: Высшая школа, 1976.- 535 с.

[20] Егоров М.Е. Основы проектирования машиностроительных заводов / М. Е. Егоров. – М.: Высшая школа, 1969. – 480с.

[21] Электронный ресурс: <https://ru.depositphotos.com/stock-photos/технологии-машиностроения.html>.

[22] Жуков Э. Л. Технология машиностроения. Часть III. Правила оформления технологической документации: Учебн. пособие / Э. Л. Жуков, И. И. Козарь, Б. Я. Розовский, Н. Н. Шипилов, А. М. Соловейчик, В. В. Дегтярев. Под ред. С. Л. Мурашкина. СПб: Изд-во СПбГТУ, 1999. – 59 с.

[23] Киркач Н.Ф. Расчет и проектирование деталей машин: [Учеб. пособие для техн. вузов] – 3-е изд., перераб. и доп / Н. Ф. Киркач, Р. А. Баласанян. – Х.: Основа, 1991. – 276 с.

[24] Козлова Т.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения [Текст]: учеб. пособие 2-е изд., перераб. и доп. / Т.А. Козлова. – Екатеринбург: Изд-во ФГАОУ ВПО «Рос. гос. проф. пед. ун-т», 2012. -138 с. Электронный ресурс: <http://elar.rsvpu.ru/handle/123456789/1262>.

[25] Курмаз Л. В. Детали машин. Проектирование: Справочное учебно-методическое пособие / Л. В. Курмаз, А. Т. Скойбеда. -2-е изд. испр.: М.: Высшая школа, 2005.-309 с.

[26] Кидрук М. Компас-3D V10 на 100% [RUS] [2009, DOC] / Максим Кидрук. – Питер, 2009. – 560 с.

[27] Кравченко Л.С. Размерный анализ при проектировании, изготовлении и сборке. Учебное пособие / Л.С. Кравченко. — Харьков: ХПИ, 2006. – 352 с.

[28] Мамаев В.С. Основы проектирования машиностроительных заводов / В. С. Мамаев, Е. Г. Осипов. – М.: Машиностроение, 1974.– 290 с.

[29] Маталин А. А. Технология машиностроения: Учебник для машиностроительных вузов по специальности «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты» / А. А. Маталин. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отделение, 1985. – 496 с.

[30] Машиностроительные материалы: Краткий справочник / В.М. Раскатов, В.С. Чуенков, Н.Ф. Бессонова, Д.А. Вейс. -3 изд., перераб. и доп. –М.: Машиностроение, 1980. -511 с.

[31] Методические указания по курсу резания металлов. Расчет наивыгоднейших режимов резания при точении / Состав.: М.Ф. Семко, Н.К. Беззубенко. – Харьков: ХПИ, 1967. - 68 с.

[32] Методические указания по курсовому проектированию по технологии машиностроения, для студентов специальности 0501 «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты» для студентов вечернего и заочного обучения / Состав.: Гришко Я. А. Харьков. ХПИ. 1982. -22 с.

[33] Методичні вказівки до виконання розділу дипломного проекту бакалавра «Програмування верстата з ЧПУ» для студентів спеціальностей 7.05050201 «Технології машинобудування», 7.05050302 «Інструментальне виробництво». / Уклад.: Доля В. М. Харків. НТУ «ХПІ». 2013. – 65 с. Електронний ресурс: <http://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/3119>.

[34] Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи «Розрахунок і проектування спеціального верстатного пристосування для шпонково - фрезерної операції» по курсу «Технологічне оснащення» для студентів спеціальностей «Технологія машинобудування» та

«Інструментальне виробництво» денної і заочної форм навчання / Уклад.: І.М. Пижов. - Харків: НТУ «ХПІ», 2010. – 17 с.-Рос. мовою.

[35] Методичні вказівки до лабораторної роботи «Розрахунок, складання, налагоджування і випробування пристрою з деталей комплекту УСП-12 на операції фрезерування паза на вертикально-фрезерному верстаті» з дисципліни «Технологічне оснащення» для студентів спеціальностей «Технологія машинобудування» та «Інструментальне виробництво» денної та заочної форм навчання / Уклад. Л.С. Кравченко, І.М. Пижов, В.К. Крюков, Н.В. Крюкова. - Харків: НТУ «ХПІ», 2010. 18 с.

[36] Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи «Розрахунок і проектування механічної ділянки виготовлення виробу» по курсу «Механоскладальні ділянки та цехи у машинобудуванні» для студентів спеціальностей «Технологія машинобудування» та «Інструментальне виробництво» денної і заочної форм навчання / Уклад.: І.М. Пижов. - Харків: НТУ «ХПІ», 2010. – 17 с.-Рос. мовою.

[37] Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи «Розрахунок і проектування спеціального верстатного пристосування для фрезерно - центрувальної операції» по курсу «Технологічне оснащення» для студентів спеціальностей «Технологія машинобудування» та «Інструментальне виробництво» денної і заочної форм навчання / Уклад.: І.М. Пижов. - Харків: НТУ «ХПІ», 2010. –14 с.-Рос. мовою.

[38] Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи «Силіводи верстатних пристосувань і методика їх розрахунку» по курсу «Технологічне оснащення» для студентів спеціальностей «Технологія машинобудування» та «Інструментальне виробництво» денної і заочної форм навчання / Уклад.: І.М. Пижов. - Харків: НТУ «ХПІ», 2010. – 15 с.-Рос. мовою.

[39] Методичні вказівки до виконання дипломного проекту бакалавра для студентів спеціальності «Технологія машинобудування» заочної форми навчання / Уклад.: І.М. Пижов. - Харків: НТУ «ХПІ», 2010. – 33 с.-Рос. мовою.

[40] Методические указания к разделам курсового и дипломного проектов «Отработка конструкции детали на технологичность» по курсу

«Основы технологии машиностроения и ГАП» / Составитель И.Н. Пыжов – Харьков: НТУ «ХПИ», 1989. – 43с.

[41] Методические указания к выполнению организационно-экономической части бакалаврского проекта для студентов машиностроительных специальностей / Составители Линник Е.И., Слобода Е.И. Утверждено редакционно-издательским советом университета. Протокол №1 от 214.03.99. Харьков: ХГПУ, 1999. – 14с.

[42] Методические указания для выполнения чертежей основных деталей червячных передач / Составитель Фомин М.Ф. -М.: 2011. -22 с.

[43] Морозов И.М. Техническое нормирование операций механической обработки деталей: Учебное пособие. Компьютерная версия / И. М. Морозов, И. И. Гузеев, С. А. Фадюшин. – Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2003. – 65с.

[44] Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного обслуживания рабочего места и подготовительно-заключительного на работы, выполняемые на металлорежущих станках. Среднесерийное и крупносерийное производство. – М.: НИИТруде, 1984. – 382с.

[45] Общесоюзные нормы технологического проектирования предприятий машиностроения, приборостроения и металлообработки. ОНТП-14-86. Гипростанок. – М.: ВНИИТЭМР, 1987. – 58с.

[46] Романов А.Б. Таблицы и альбом по допускам и посадкам. / А.Б. Романов, В.Н. Федоров, В.И. Кузнецов. – СПб.: Политехника, 2005. - 88с.

[47] Руденко А. П. Проектирование и производство заготовок в машиностроении: Учеб. пособие / П.А. Руденко, Ю.А. Харламов, В.М. Плескач. Под общ. ред. В.М. Плескача. – К.: Высшая школа, 1991. – 247 с.

[48] Руденко А. П. Проектирование технологических процессов в машиностроении. Учебное пособие / А. П. Руденко. – Киев: Вища школа (Головное изд-во), 1985. - 255 с.

[49] Сафро Е.С. Наладка одношпиндельных токарно-револьверных автоматов: Справочник / Е.С. Сафро. – Л.: Машиностроение, 1983. -200с.

[50] Солонин И. С. Расчет сборочных и технологических размерных цепей / И. С. Солонин, С. И. Солонин. – М.: Машиностроение, 1980.–110 с.

[51] Справочник технолога машиностроителя. В 2-х т. Т.1 / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985. – 656с.

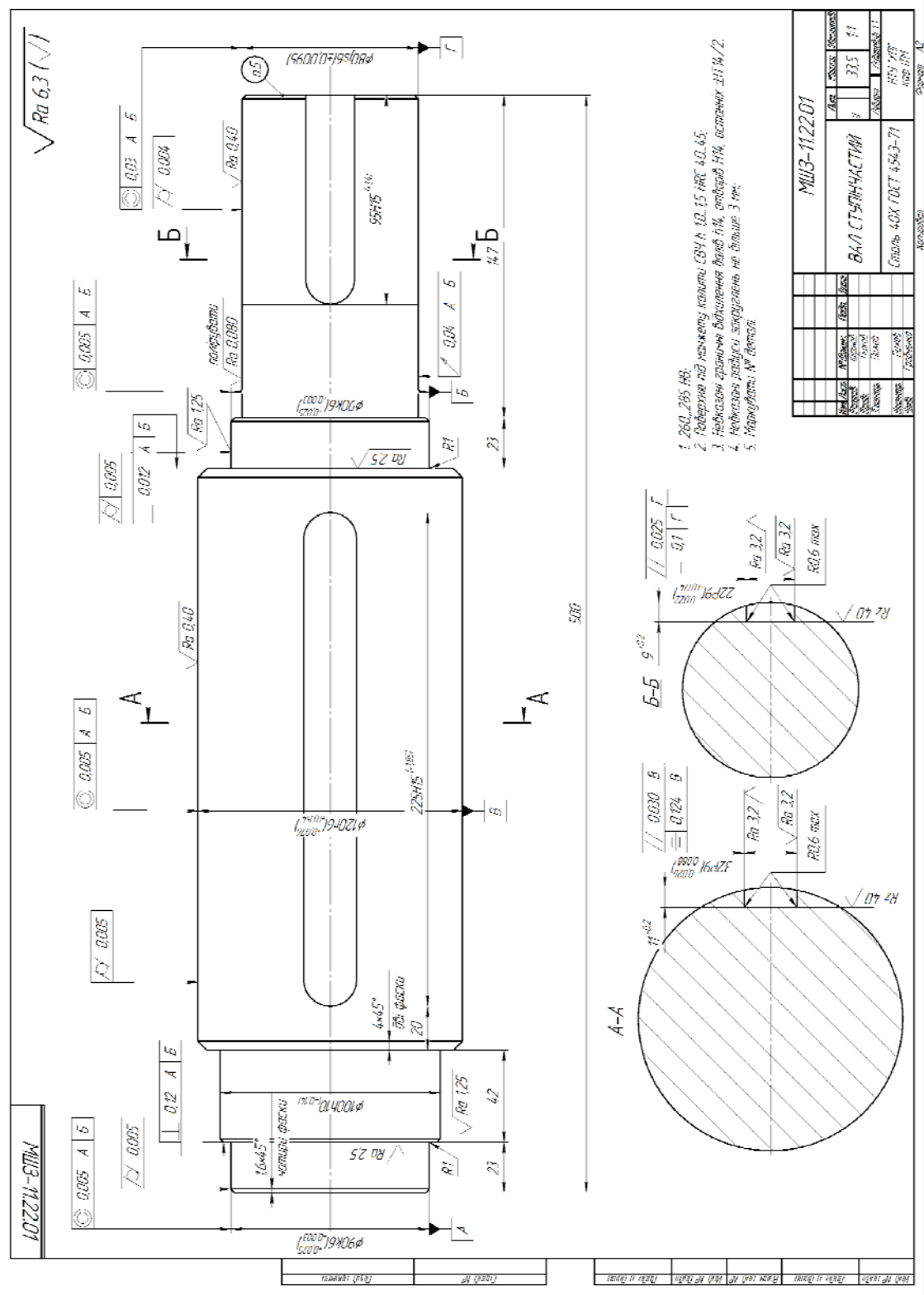
[52] Справочник технолога машиностроителя. В 2-х т. Т.2 / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985. – 496с.

[53] Толченев Т.В. Техническое нормирование станочных и слесарноборочных работ / Т.В. Толченев. Под редакцией М.М. Шахназарова. – М.: Машгиз, 1956. -400с.

[54] Чарнко Д.В. Основы проектирования механосборочных цехов / Д. В. Чарнко, Н. И. Хабаров. – М.: Машиностроение, 1990. – 352 с.

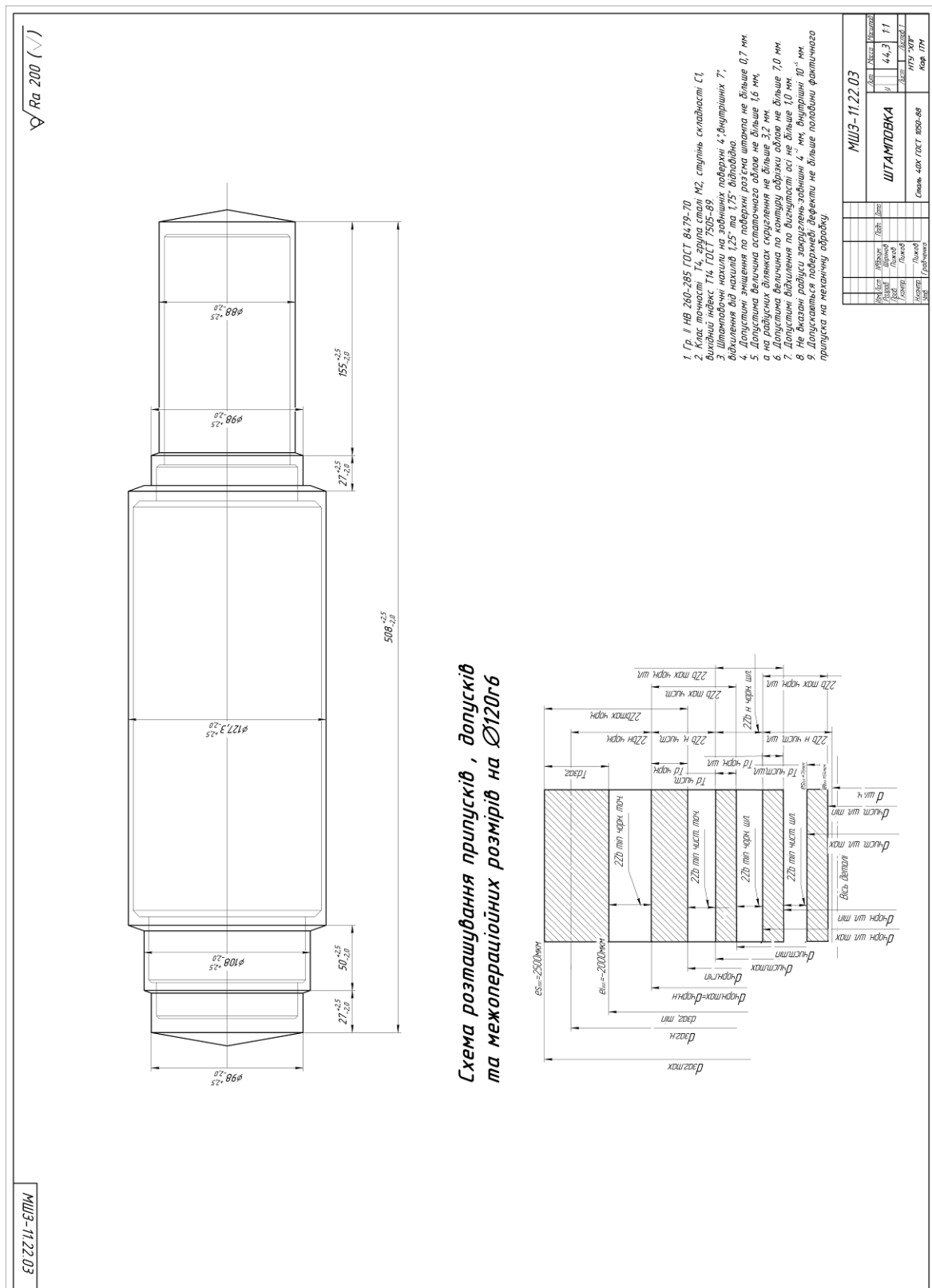
[55] Якушев А.И. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения. 6-е изд., перераб. и дополн. / А. И. Якушев, Л. Н. Воронцов, Н. М. Федотов. – М.: Машиностроение, 1987. – 352 с.

[56] Ящерицын П.И. Основы резания материалов и режущий инструмент. Учебник для машиностроит. спец. вузов / П. И. Ящерицын, М. Л. Еременко, Н. И. Жигалко. - 2-е изд., доп. и перераб. — Мн.: Высшая школа, 1981. - 560 с.

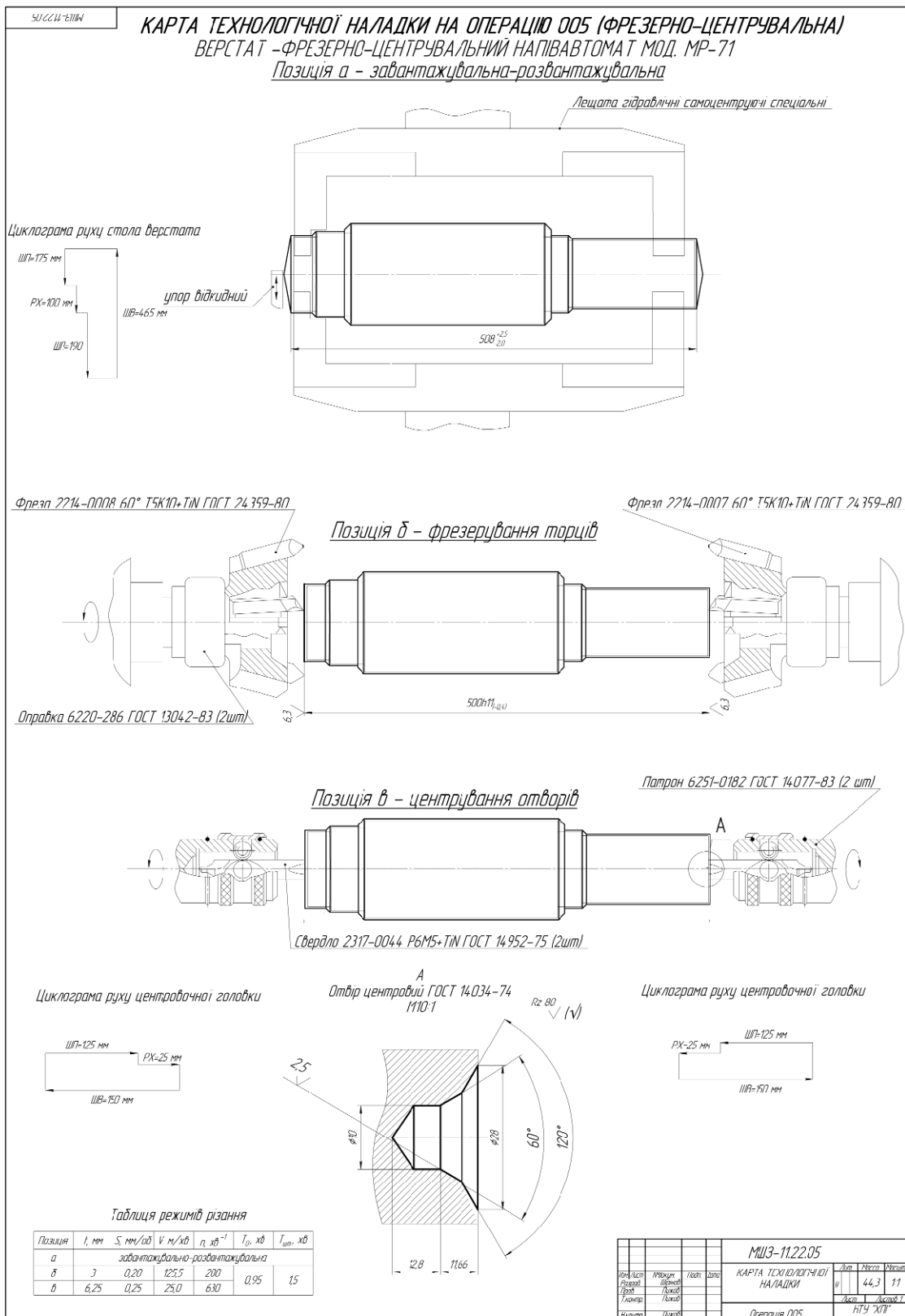


Додаток Б

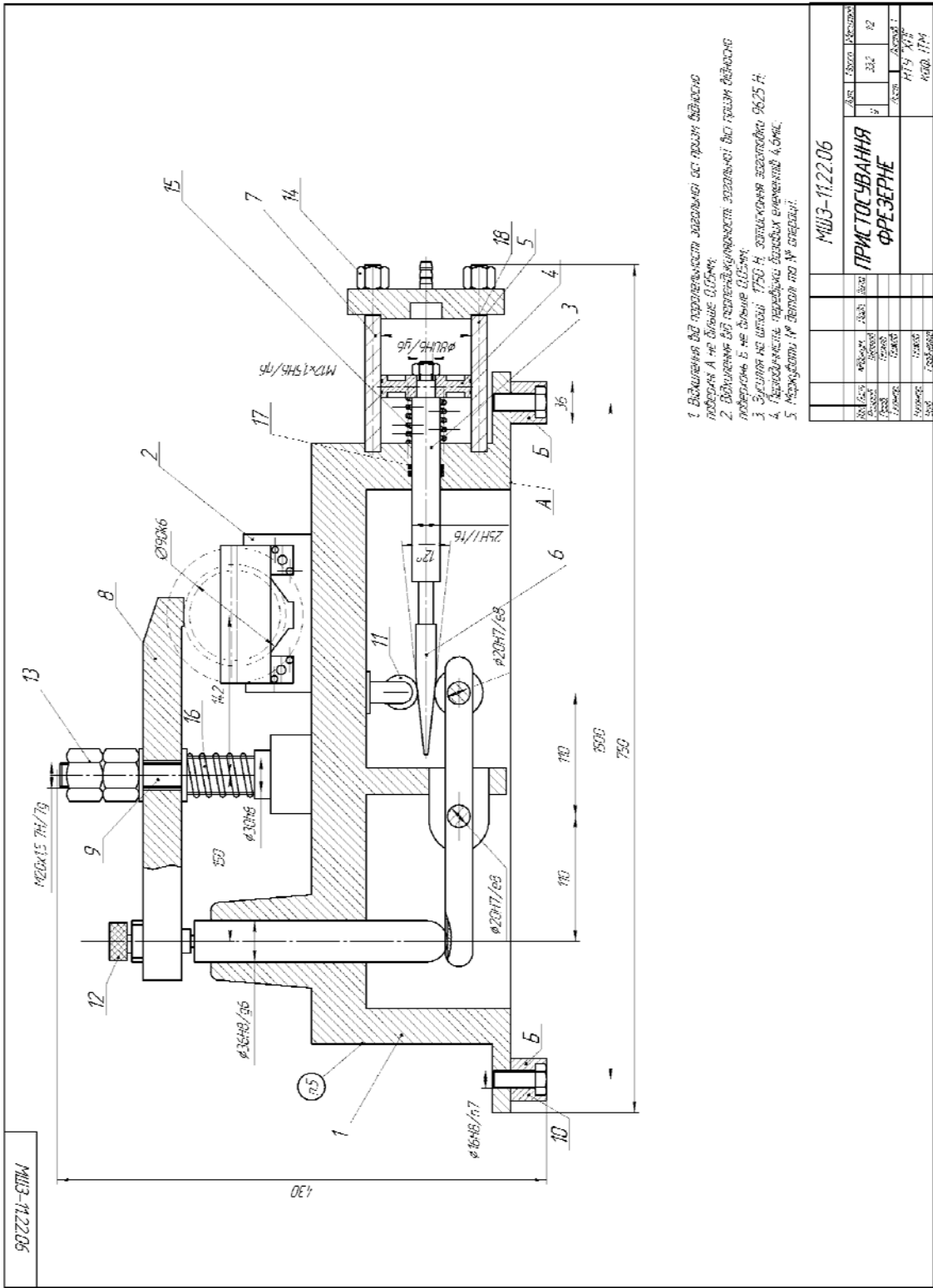
Креслення заготовки [47], [51], [52]



Карта технологічної наладки [19], [24], [29], [48], [15]



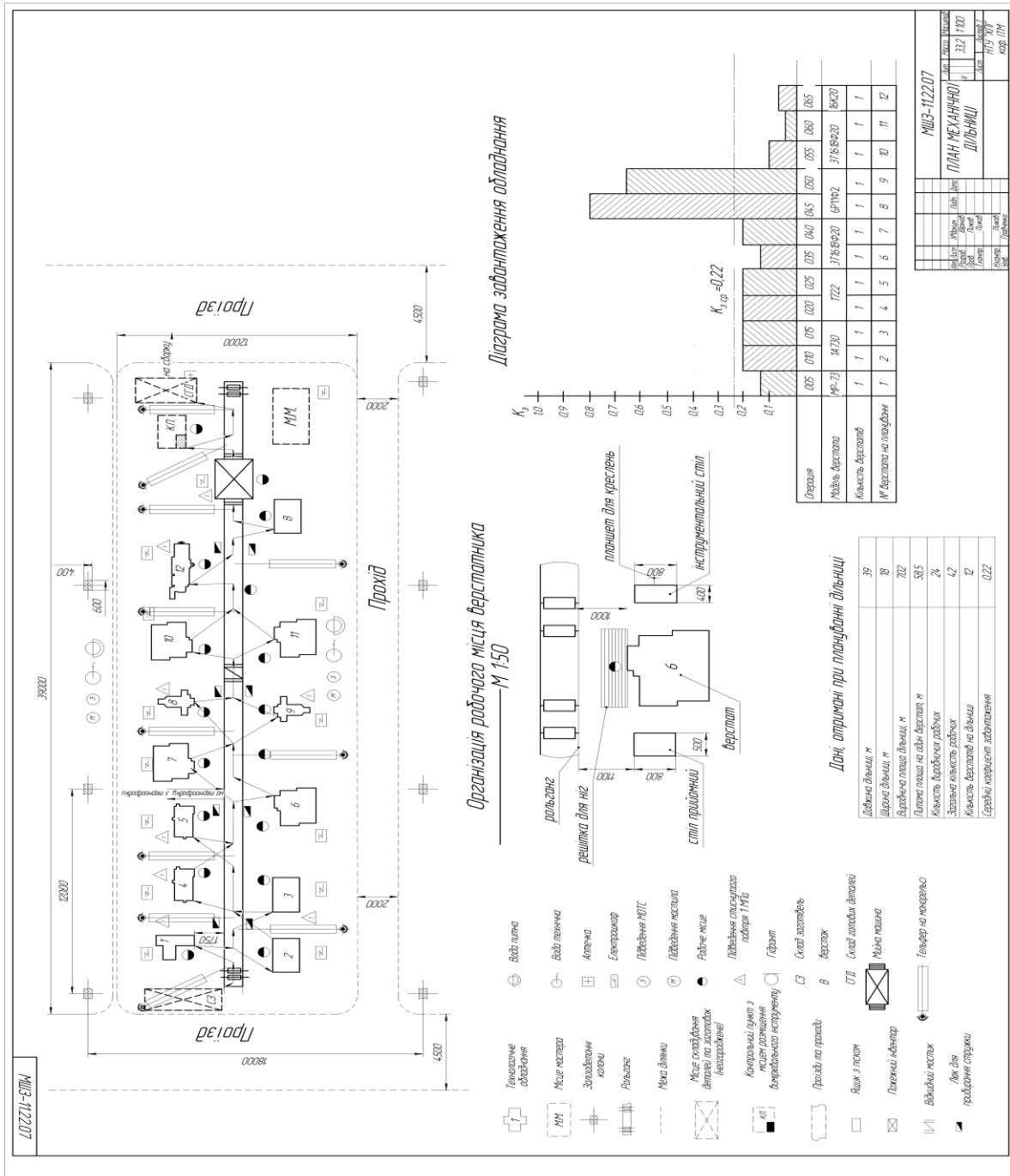
Пристосування фрезерне [1], [7], [8], [9], [12]



Специфікація до фрезерного пристосування

					МШ-11.22.06									
Зм.	Лист.	№ док.	Підп.	Дат										
Розроб..					Пристосування шпонково - фрезерне					Літ.		Лист	Листів	
Перев..										Д	П	Б	1	1
Т.контр..										НТУ «ХП» Каф. ІТМ				
Н.контр														
Затв.														

План механічної ділянки [20], [54]



Додаток Ж

Титульний лист технологічного процесу виготовлення ступінчастого вала

<p>МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ „ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ”</p>	
<p>«УЗГОДЖЕНО»</p>	<p>«ЗАТВЕРДЖЕНО»</p>
<p>_____ (Консультант, підпис)</p>	<p>_____ (Зав. кафедрою, підпис)</p>
<p>_____ (Дата)</p>	<p>_____ (Дата)</p>
<p>ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ <u>ВАЛІ СТУПІНЧАСТІЙ</u> (Найменування деталі)</p>	
<p>МШ-11.22 (Позначення деталі)</p>	
<p>_____ (Петров) (студент, підпис)</p>	
<p>_____ (Дата)</p>	

Додаток К
Маршрутний техпроцес виготовлення ступінчастого вала ([22])

ГОСТ 3.1118-82 Форма 1									
Дудл.									
Взам.									
Подл.									
Разраб.	Шрінаб								
Переб.	Піжаб								
									НТУ "ХП"
									Ю14.10000
Нконтр.	Доля								
Затв.	Градченко								
									ДП
									1
М 01	Штамповка/Сталь 40Х ГОСТ 4543-71								
	Код	ЕВ	МД	ЕН	Н. расх	КВМ	Код загот.	Профіль і розміри	
								КД	МЗ
М 02	к2	33,2	1			0,75	4121Х	1	44,3
									Ø127,3х508
А	Цех	Уч	РМ	Опер.	Код, найменування операції		Позначення документа		
Б	Код, найменування обладнання				СМ	Проф.	Р	УГ	КР
								КОМД	ЕН
								ОП	К шт.
								Т пз	Т шт.
03									
04									
	000	Заготівельна							
									-
05									
06	005	4269	Фрезерно-центрувальна	2	18632		1Р	1	1
			Фрезерно-центрувальний МР-73					21000	1
07									15
08									
09	010	4118	Токарно-багаторізецька	2	18225		1Р	1	1
			Багаторізецький 17А30					21000	1
10									2,25
11									
12	015	4118	Токарно-багаторізецька	2	18225		1Р	1	1
			Багаторізецький 17А30					21000	1
13									2,25
14									
15	020	4117	Токарна гідрокопіювальна	2	18225		1Р	1	1
			Гідрокопіювальний 1722					21000	1
16									3,15
МК									

Продовження додатка К

[illegible]

Продовження додатка К

[illegible]

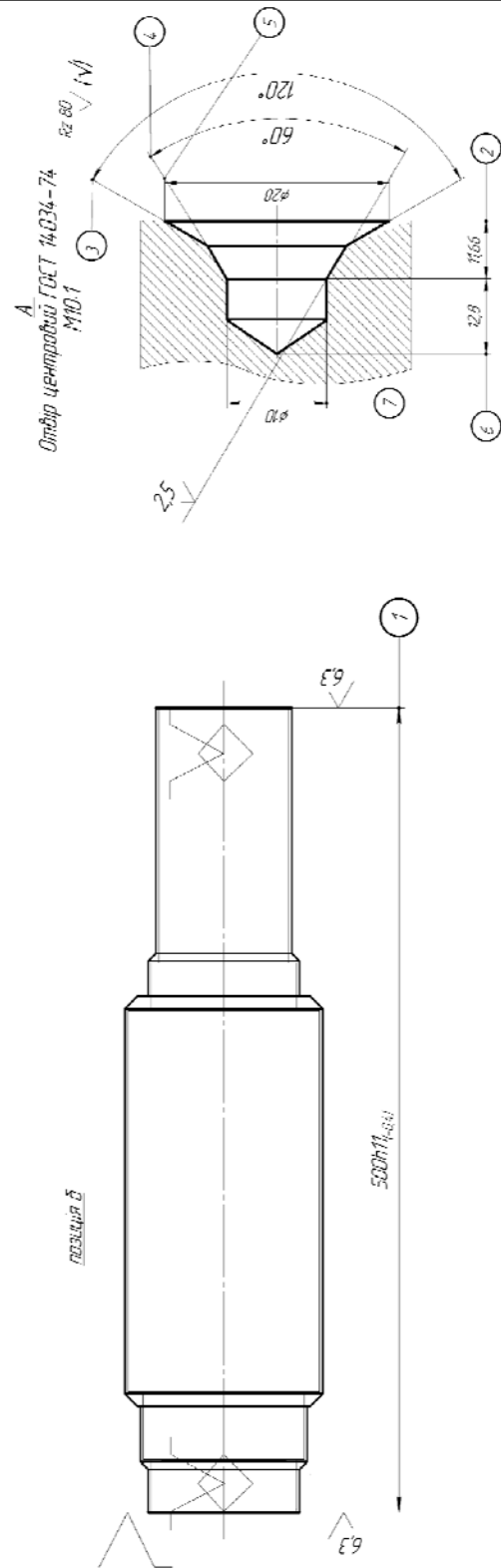
Додаток Л

Приклад оформлення операційної карти та карти ескізів ([22])

87

[illegible]

Позиція в

 KE

Додаток М
Приклад оформлення контрольної карти ([22])

ГОСТ 3.1502 – 85 Форма 2																			
Дубл.																			
Взам.																			
Подл.																			
Розроб.																			
Перевір.																			
Прийняв																			
Затверд																			
Н. контр														080					
Найменування операції					НТУ «ХП»					МППЗ-11.					20146.00001				
Контрольна										Найменування, марка матеріала					МД				
										Сталь 40Х ГОСТ 4543-71					33,2				
Найменування обладнання					ТО.					ТВ					Позначення ИОТ				
Стіл ВТК																			
Р					Код засобів ТО					Найменування засобів ТО					Об'єм і ПК				
Контрольовані параметри																			
01	1. Відсутність загусенців та гострих кромок																		
02	2. 500 _{-1,55}																		
03	3. Ø90k6 ^(+0,025) _(+0,003)																		
04	4. 23 _{-0,32} ; 42 _{-0,62} ; Ø100 _{-0,87} ; 147 _{-1,0}																		
05	7. Ø120r6 ^(+0,076) _(+0,054)																		
06	8. Ø80 js6 ± 0, 0095																		
07	9. Шорсткість поверхонь																		
08	10. R1,0; R3,0																		
09	11. Відхилення від циліндричності																		
10	12. Відхилення від співвісності, радіальне та торцеве биття																		
11																			
12																			
13																			

[illegible]

Навчальне видання

ПИЖОВ Іван Миколайович

**РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ НА ПРИКЛАДІ
ВИГОТОВЛЕННЯ СТУПІНЧАСТОГО ВАЛА РЕДУКТОРА**

Навчально-методичний посібник

для виконання конструкторсько-технологічних розділів дипломного
проекту бакалавра студентами спеціальності «Прикладна механіка»
(спеціалізація «Інтегровані технології машинобудування») денної, заочної
та дистанційної форм навчання

Відповідальний за випуск *В.О. Федорович*

Роботу до видання рекомендував *О.М. Шелковий*

Редактор *О.С. Самініна*

План 2018 р., поз. 5

Підп. до друку 2018 р. Формат 60x84 1/16. Папір офсетний. Riso-друк.
Гарнітура Таймс. Ум. друк. арк. 4,4. Наклад 100 прим. Зам. № . Ціна
договірна.

Видавець і виготовлювач

Видавничий центр НТУ «ХПІ», вул. Кирпичова, 2 м. Харків, 61002

Свідоцтво про державну реєстрацію №5478 від 21.08.2017 р.
